

**Tierexperimentelle Untersuchungen
zur Einheilung von enossalen Dentalimplantaten**

Dr. Johannes Randzio

1981

Aus der Klinik und Poliklinik für Kieferchirurgie
der Universität München

Direktor: Professor Dr. Dr. D. Schlegel

Tierexperimentelle Untersuchungen zur Einheilung
von enossalen Dentalimplantaten

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Dr. Johannes Randzio

aus Detmold

München 1980



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. D. Schlegel

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 15. 1. 81

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. <u>Einführung</u>	2
2. <u>Tierexperimenteller Teil</u>	6
2.1. Literaturübersicht	6
2.2. Fragestellung der eigenen Tierversuche	34
2.3. Material und Methode	38
2.3.1. Versuchsserie I (Randzio, Hausner)	38
2.3.2. Versuchsserie II (Schlegel, Reichart)	44
2.4. Ergebnisse der eigenen Tierversuche	49
2.4.1. Versuchsserie I	49
2.4.2. Versuchsserie II	71
2.5. Zusammenfassung der Ergebnisse	135
2.5.1. Versuchsserie I	135
2.5.2. Versuchsserie II	137
2.6. Diskussion der Versuchsergebnisse	143
3. <u>Zusammenfassung</u>	183
4. <u>Literatur</u>	185

1. Einführung

Seit über einhundert Jahren berichtet die zahnärztliche Fachliteratur über die Implantation künstlicher Zahnwurzeln in den Kieferknochen (23,71,72,74,174,228,239,275,291). Zumeist handelt es sich um kasuistische Mitteilungen; systematische und tierexperimentell abgesicherte Untersuchungen tauchen erst später auf, etwa um die Jahrhundertwende. Zu einer länger anhaltenden wissenschaftlichen Diskussion, an der sich nicht allein Praktiker, sondern auch Vertreter der Hochschulen beteiligen, kommt es erst 30 bis 40 Jahre später, nachdem die korrosionsbeständigen Legierungen und die subperiostalen Implantationsverfahren bekannt geworden sind.

Ursprünglich hat man im wesentlichen nur enossale Implantationsmethoden angewendet, also Kunstwurzeln aus verschiedenen Materialien in Zahnwurzel-, Schrauben-, Käfig- und anderen Formen, die im Kieferknochen Halt versprachen. Eine Übersicht der zahlreichen historischen Verfahren findet sich in den Arbeiten von Bader (15), Linkow (159), Natiella et al. (132), Randzio (212) und Schwindling (251).

Müller (178) hat erstmals im Jahre 1937 ein subperiostales Gerüstimplantat angegeben. Es besteht aus einem porzellanumbrannten Platinnetz mit Gewindeanschlüssen, in denen nach der Einheilung die Pfeiler zur Abstützung des Zahnersatzes Aufnahme finden. Unabhängig von dem deutschen Autor berichtet im Jahre 1943 Dahl (54) aus Schweden ebenfalls über eine subperiostale Implantationsmethode, die er nur in wenigen Fällen anwenden

konnte. Aufgrund des allgemeinen Widerspruches aus der Kollegenschaft war es Dahl zunächst nicht möglich, seine Ideen weiter zu verfolgen.

Mit Beginn der Antibiotika-Ära, die das infektbedingte Implantationsrisiko sicher gesenkt hat (Schlegel, 240), und nach Verfeinerung der Implantationstechnik durch Gershkoff und Goldberg (75) in den USA kehrt die subperiostale Implantationsmethode zu Anfang der fünfziger Jahre aus den Vereinigten Staaten zurück nach Europa und wird hier über zwei Jahrzehnte zum Gegenstand zahlreicher Publikationen (ausführliche Monographien von Maurel, 169, und Pelletier, 199).

Zunächst scheinen die enossalen Implantationsverfahren (z.B. die Spirale nach Formiggini, 68, die Schraube nach Cherchève, 38, u.v.a.) durch die subperiostale Technik in den Hintergrund gedrängt, bis etwa seit 1965 mit den Nadelimplantaten nach Scialom (252,2), den Schrauben nach Tramonte (281), Sandhaus (236), Linkow (155), Heinrich (97) und insbesondere den Blattimplantaten nach Linkow (156) sich das Bild völlig gewandelt hat. Subperiostale Gerüstimplantate, die einen ausgedehnteren operativen Eingriff und zumeist die Hospitalisierung des Patienten erfordern, werden heute viel seltener eingepflanzt als enossale Implantate.

Einen Überblick über Implantationsverfahren, die heutzutage eine weitere Verbreitung gefunden haben, vermittelt die Tabelle I. Unter den Materialien stehen die Reinforme Tantal und Titan, sowie die Cr-Co-Mo - Legierungen vom Typ des Vitallium im Vordergrund. Die Blatt-, Nadel- und Schraubenimplantate scheint man derzeit

am häufigsten anzuwenden.

Ein Urteil über die Erfolgssicherheit der zahlreichen Verfahrensweisen ist immer noch erschwert, da einwandfreie statistische Belege für die Langzeiterfolge nur in geringer Zahl vorhanden sind. Schlegel (241) empfiehlt deshalb, die Indikation für Dentalimplantate möglichst zurückhaltend zu stellen. Wegen der Infektionsgefahr und der hohen mechanischen Belastung, der Dentalimplantate ausgesetzt sind, spricht Trauner (282) von einem Extremfall, einer "Ausgeburt der Fremdkörperimplantation", die man dennoch nicht mehr vollkommen ablehnen dürfe. In anbeacht der chirurgischen, prothetischen und biologischen Probleme, die sich bei der Eingliederung zahnärztlicher Implantate ergeben, sind auch heute noch, trotz langjähriger Forschung auf diesem Gebiet, zahlreiche Fragen, insbesondere der biomechanischen und biologischen Grundlagen offen geblieben (189).

Fallbeschreibungen und Verlaufsbeobachtungen am Menschen können allein Aussagen über Indikation und Prognose der Implantate liefern. Genauere Kriterien zur Beurteilung einer Implantationstechnik lassen sich erst im Experiment gewinnen, wobei gezielt biologische und biomechanische Fragen analysiert werden. In dieser Richtung soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten, wobei eigene tierexperimentelle Untersuchungen im Kontext zur aktuellen Fachliteratur vorgestellt werden.

Tabelle I
Moderne Verfahren der Dentalimplantologie

Autor	Impl.-Ort	Form	Material
Müller (178); Dahl (54) Gershkoff u. Goldberg (75)	Subperiostal	Gerüst	Cr-Co-Mo - Legierung Gold-Legierung, Tantal
Linkow (159); Heinrich (209; Häfner (83); Virok (287)	Enossal	Blattim- plantat	Cr-Co-Mo - Legierung Titan, Tantal
Scialom (252); Acker- mann (2); Pruin (209)	Enossal	Nadel	Tantal
Tramonte (281); Linkow (155); Heinrich (97); Sandhaus (237, 236)	Enossal	Schraube	Titan, Tantal, Al_2O_3 , Cr-Co-Mo - Legierung
Behrman et al. (20); Sitzmann (261)	Enossal	Stab	Magnetische Legierung Alnico u.a.
Stallard et al. (271); Arnaudow (6); Hodosh et al. (109); Riess (227); Schulte (248)	Enossal	Stift	Nichtmetalle: PMMA, TCP, Keramik, Glaskoh- le, Al_2O_3
Cranin (47); Dahl (53)	Submucös	Druckknopf	Cr-Co-Mo - Legierung Glaskohle
Strock et al. (272); Orlay (191); Staegemann (268); Wirz (299); Dietz (58, 59); Pruin (209)	Transdental	Stift Schraube	Cr-Co-Mo - Legierung, Tantal, Titan

2. Tierexperimenteller Teil

2.1. Literaturübersicht

Die Einpflanzung von Kunstwurzeln vor etwa hundert Jahren wurde zweifellos ohne tierexperimentelle Absicherung sogleich am Menschen vorgenommen. Die in den letzten Dezennien des vorigen Jahrhunderts durchgeführten Tierversuche (siehe Tabelle II) ergaben bereits bedeutsame Befunde zur Fremdkörperreaktion, die unabhängig von dem verwendeten Material auch heute noch gelten. Znamensky (313) schildert, wie sich um das Implantat eine Hülle aus Granulationsgewebe ausbildet. Er ist der Ansicht, daß diese Membran auch in gewissem Umfange Stütz- und Haltefunktionen für den Zahnersatz erfüllen könne. Die Tierversuche von Loewe (158), Kauffer (131) und Schröder (245) liefern eine Beschreibung der morphologischen Veränderungen, die in den Lagergeweben von Dentalimplantationen ablaufen. Auch wenn ein großer Teil dieser Versuche mit einer Abstoßungsreaktion geendet hat, was bei den damaligen Materialien, Implantatformen und der wenig ausgefeilten Operationstechnik nicht erstaunt, so kommen die Experimentatoren jener Zeit doch zu der optimistischen Schlußfolgerung, Dentalimplantate könnten zumindest eine gewisse Zeit vom Organismus toleriert werden, ohne daß es zwangsläufig zu größeren Schäden kommt (Kauffer, 131).

Andererseits war man von einem therapeutisch nutzbaren und für die Praxis geeigneten Verfahren weit entfernt, da mit Ausnahme des Porzel-

lans noch keine ausreichend inerten und atoxischen Implantatwerkstoffe verfügbar waren. Neuen Antrieb erhielt die implantologische Forschung, nachdem man zwischen 1910 und 1930 die Metallose bei Osteosynthesen genauer analysieren und als Ursache elektrolytische Prozesse an den Implantatwerkstoffen, also Korrosionerscheinungen, identifizieren konnte (Literatur bei Contzen et al., 46, Nicole, 186, Frank und Zitter, 70). Mit der von Venable, Beach und Stuck (286) tierexperimentell erprobten Cr-Co-Mo - Legierung Vitallium stand ein Werkstoff zur Verfügung, der im Hinblick auf Korrosionsbeständigkeit, Toxizität, mechanische Festigkeit und Verarbeitbarkeit, sowie den Preis auch heute noch weitgehend die Anforderungen erfüllt, die von einem modernen alloplastischen Material verlangt werden. Während in Europa mit Gold, Platin, Platin-Iridium, Glas, Porzellan und Wipla, einer korrosionsbeständigen Stahllegierung experimentiert wurde (Abel, 1; Müller, 178), erkannte man in den USA die Verwendbarkeit des Vitalliums für die zahnärztliche Implantatologie und testete die Venable-Schraube auch als Halbimplantate im Tierversuch (Strock und Strock, 272).

S u b p e r i o s t a l e G e r ü s t i m - p l a n t a t e

Obwohl in jener Zeit der therapeutische Nutzen einer Dentalimplantation gering war, da alle diese Eingriffe reinen Versuchscharakter hatten, entwickelte man aufgrund klinischer Be-

Tabelle II
Historische Tierversuche mit Dentalimplantaten

Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Bemerkungen
Znamensky (313) 1891	Hund (3)	Porzellan-, Kautschukwurzel	Mechanische Ver- ankerung durch Gra- nulationsgewebe
Fadenhecht et al. (65) 1908	Hund (1)	Goldamalgam	
Reinmüller (220) 1909	Meerschwein- chen	Gold-, Porzel- lan-, Elfenbein- wurzeln	Negative Resultate
Loewe (158) 1914	Affe	Elfenbein- schraube	Resorption des E., Knochenneubildung
Kauffer (131) 1915	Hund (4)	Tier- u. Men- schenzähne, Greenfield-Korb Pt-Ir-Spirale	Knochenbildung in Spirale

obachtungen und tierexperimenteller Erfahrungen ein Konzept, das später weite Verbreitung finden sollte: Die subperiostale Gerüststeinpflanzung nach Müller (178) und Dahl (54). Dieses Verfahren berücksichtigt die Notwendigkeit, die Kaukräfte breitbasig auf kortikalem Knochen abzustützen. Die eng umhüllende Fremdkörperkapsel sollte das Implantat auf seiner Unterlage ausreichend fixieren und womöglich die Kaukräfte "abpuffern".

Nachdem amerikanische Autoren (Gershkoff und Goldberg, 75) gezeigt hatten, daß diese Methode praktikabel war und dauerhafteren Erfolg versprach als bisherige Verfahren, setzte nach dem zweiten Weltkrieg eine Flut wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu diesem Thema ein, darunter auch zahlreiche tierexperimentelle Arbeiten.

Die Tabelle III soll einen Überblick über die Daten der Versuchsmodelle und die wesentlichen Ergebnisse vermitteln. Zunächst fällt auf, daß nicht allein neue Materialien, insbesondere Kunststoffe, in das Versuchsprogramm übernommen werden, sondern daß häufig verfeinerte Fragestellungen den Anlaß für Tierexperimente geben.

Einige Autoren (Cobb, 43; Reichenbach und Naucke, 219; Mack, 162; Nichols, 185; Zerosi, 311) befassen sich mit der Morphologie des epithelialen Ansatzes am Implantatpfeiler und untersuchen die Bedingungen, die zur epithelialen Proliferation in die Tiefe und damit zur Abstoßung des Fremdkörpers

Tabelle III
Tierversuche mit subperiostalen Dentalimplantaten

Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Wiederkehr (297) 1953	Hund	Remanit, Wirid Plexiglas, Paladon, Supramid	Ø	20T	Remanit, Wirid, Paladon am besten verträglich
Capozzi (36) 1954	Hund	Cr-Co-Mo.	?		Knochenkontakt?
Herschfus (99) 1954	Hund	Cr-Co-Mo.	?		Fixation durch Bindegewebehülle
Herschfus (100) 1955	Hund	Cr-Co-Mo.	?	14M 16M	Geringe entzündl. Veränderungen
Herschfus (101) 1958	Hund	Cr-Co-Mo.	?	5J	
VanHuysen (233) 1954	Hund	Metall	?	3M	Kaum Entzündung
Nichols (185) 1954	Hund (4)	Vitallium (6)	Ø	2-5M	Mißerfolge; massive Entzündung; Epithelproliferation
Berman (22) 1955	Affe	Vitallium, Ivalon-Kragen	Ø	6W	Reaktionslose Einheilung
Bodine (27) 1955	Hund (2)	Cr-Co-Mo.	Ø		Schwache Entzündung keine Epithelprolif.
Pejrone (198) 1956	Hund (1)	Vitallium	Ø	8M	Erfolgreiches Impl.
Zerosi (311) 1957	Hund	Cr-Co-Mo.	Ø		Epithelproliferation Entzündung, Knochenan- u. -abbau
Hoppe (113) 1959	Hund	Metall, Kunststoff	Ø	14T-6M	Dichtheit der Epitheltasche
Hoppe (112) 1961	Hund (6)	Remanit G, Paladon, V2A	Ø		wie oben
Cobb (43) 1960	Hund (1)	Metall (2)	?	3M	Epithelproliferation
Sachs (233) 1960	Hund	Metall	Ø		Dichtheit der Epitheltasche
Schwindling (251) 1960	Hund	V2A, Gold-Platindraht		6-13W	Massive Entzündung
Arnaudow (5) 1962		Golddraht	Ø	bis 1J	Periostreaktion
Reichenbach (219) 1963	Hund	Metall	Ø		Ruhiges Knochenbild
Kovacs (145) 1964	Hund (12)	Vitallium (112)	Ø	6 1/2 W	Ablauf der Bindegeweberreaktion
Boucher (29) 1968	Kaninchen	Nylon, Dacron Ivalon, Superpolyamid	Ø		Fast alle Mat. lösten Fremdkörperreaktion aus
Mack (162) 1968	Rhesusaffe	Metall	Ø		Epithelansatz

Tabelle III (Forts.)
Tierversuche mit subperiostalen Dentalimplantaten

Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Christensen (40) 1970	Hund	Rostfreier Stahl	?	6J	Erfolgreiches Impl.
Benson (21) 1974	Affe	Cr-Co-Gerüst mit Al_2O_3 be- schichtet	Ø	6M	Bessere Haftung der Kapsel an Al_2O_3
Reisbick (221)	Affe (3)	wie Benson	+	3M	2 Impl. gelockert
Kratochvil (147) 1976	Affe (9)	Gerüst + Kno- chentransplan- tat	+	4M	Gute Resultate bei großen Knochendefekten
Russel (232) 1977	Hund	Ticonium-Ge- rüst	?		Bindegewebehülle mit Sharpey-Fasern im Knochen

Legende zu Tabelle III u. IV:

In der Rubrik "Belastung" steht Ø für keine, ? für eine fragliche und + für eine eindeutige kaufunktionelle Beanspruchung des Implantates.

Unter "Liegezeit" bedeuten T die Tage, W die Wochen, M die Monate und J die Jahre.

Bei mehreren Autoren einer Untersuchung ist nur der erste Name angegeben.

führen. Berman (22) versucht, das epitheliale Attachment dadurch zu verbessern, daß er den Implantatpfeiler mit einem Kragen aus Polyvinylschaum umgibt, der eine innige Verbindung zwischen Epithel und Implantat ermöglichen soll. Am Menschen waren seinem Vorgehen nur Mißerfolge beschieden, da der zur Mundhöhle offene Schaumstoff wahrscheinlich als Schmutznische und Infektionsquelle wirkte.

Der "gummistrumpfbartige" epitheliale Ansatz (Harndt) am Implantatpfeiler ähnelt erstaunlicherweise durchaus dem des Zahnes (Reichenbach und Naucke, 219), so daß man auch an der Kunstwurzel eine ausreichende Abdichtung der Lagergewebe gegenüber dem äußeren Milieu der Mundhöhle vermuten durfte.

Hoppe (112,113), Sachs (233), Grohmann (81) und Rees (219) prüften diese Frage, indem sie tierexperimentelle Implantate nach Exposition mit verschiedenen grobdispersen, großmolekularen und Elektrolytlösungen (Trypanblau, Chinatusche, Eisenchlorid u.a.), sowie mit Aufschwemmungen markierter Bakterienstämme histologisch untersuchten. Die Testsubstanzen konnten normalerweise nur bis zum "physiologischen" Taschenboden vordringen; die nach Art eines inneren Saumepithels dem Implantat anliegenden Epithelschichten dichteten wirksam ab und verhinderten - gesunde Taschenverhältnisse vorausgesetzt - ein Durchsickern in tiefere Bezirke.

Mack (162) überprüfte ebenfalls die Funktion des Epithelabschlusses, ging aber von einer anderen Modellvorstellung aus. Er konnte nach-

weisen, daß es ähnlich wie am gesunden Zahn auch am Implantatpfiler eine Taschensekretion gibt, die sich nach intravenöser Verabreichung einer Fluorescein-Lösung mit Filterpapier im UV-Licht darstellen läßt (Fluorescein-Test nach Brill und Krasse). Mack interpretiert diesen Sekretionsvorgang als zusätzliche Barriere gegen das Eindringen von Keimen und Schadstoffen.

Neben dem epithelialen Ansatz fand auch die Ausbildung der bindegewebigen *F r e m d - k ö r p e r k a p s e l* zunehmendes Interesse. Die Mehrzahl der Autoren kommt zu dem Ergebnis, daß der primäre Kontakt zwischen Implantat und Knochen im Verlauf der Einheilung durch eine mehr oder weniger kräftige Umhüllung mit Granulations- bzw. Narbengewebe aufgehoben wird (siehe Tabelle III). Dagegen beobachtete Capozzi (36) eine direkte Auflage des Metallgitters auf dem Knochen. Bodine und Mohammed (28) berichten im Zusammenhang mit einem 11 Jahre alten Gerüstimplantat am Menschen über verkalkte bzw. verknöcherte Bezirke in der periimplantären Bindegewebehülle.

Anhand umfangreicher Hundeversuche haben Kovacs und Guzsál (145) den zeitlichen Ablauf der Bindegewebsreaktion dargestellt: Nach etwa 4 bis 6 Wochen ist die bindegewebige Abkapselung der Gerüstimplantate abgeschlossen. Arnaudow (5) untersuchte tierexperimentell das Schicksal des Periostes nach der Ablatio vom Knochen und der Einlagerung der Implantate, die bis zu einem Jahr in situ

blieben. Nach etwa 26 Tagen ist die typische Schichtung des Periostes in eine pars fibrosa und eine Cambiumschicht bei den subperiostalen Implantaten verlorengegangen, d.h. das Periost ist durch einfaches Narbengewebe ersetzt worden.

Dagegen erlauben intracorticale Implantate noch deutlich eine Abgrenzung zwischen der Fremdkörperkapsel und dem Periost.

Über die funktionelle Bedeutung der Fremdkörperkapsel sind widersprüchliche Angaben in der Literatur zu finden. Axhausen (10) sieht in der Fremdkörperhülle den Ausdruck einer ständigen "Ausstoßungsbereitschaft" des Körpers, während Müller (178) ihr die Fähigkeit zuerkennt, auf Druck- und Zugbeanspruchung adäquat zu reagieren. Maeglin (163) interpretiert sie als "Stoßdämpfer", Hoppe (112) als "Aufhängeschlaufe" und Bodine und Mohammed (28) finden in dem bereits zitierten Fall ein "typisches Implantatbindegewebe". Dieses sei durch eine oberflächenparallele Ausrichtung der Bindegewebszellen und -fasern, eine gewisse sehnenähnliche Abplattung der Bindegewebszellkerne und eine Kompression der implantatnahen, kollagenreichen Zonen gekennzeichnet.

Auch dem **k n ö c h e r n e n L a g e r g e w e b e** gilt bei den histologischen Untersuchungen tierexperimenteller Gerüstimplantate besondere Beachtung. Reichenbach und Naucke (219) sprechen von einem völlig ruhigen Knochenbild ohne entzündliche Veränderungen, während andere Autoren eine geringe chronische Entzündungsreaktion oder kaum nennenswerte

Entzündungszeichen (wenige Lymphocyten und Plasmazellen) registrieren (Capozzi, 36; Bodine, 27; Herschfus, 100). Zonen des Knochenan- und -abbaus wechseln unter dem subperiostalen Implantat ab (Pejrone et al., 198; Zerrosi et al., 311).

Hoppe (112) macht darauf aufmerksam, daß die Tierversuche über die mechanisch ausgelöste Knochenreaktion nur wenig aussagen können, weil zumeist wegen fehlender Suprastrukturen keine kaufunktionelle Belastung des Implantates gegeben war. Selbst wenn die Implantate einen Kronen- oder Brückenzahnersatz getragen haben, könnte diese Beanspruchung in der Regel nicht der menschlichen Kaubelastung entsprechen aufgrund der andersartigen Bißverhältnisse beim Versuchstier. In seiner umfangreichen Untersuchung schildert Hoppe die Knochenumbauvorgänge bei einem Implantatpatienten, der 9 Monate ein subperiostales Gerüstimplantat getragen hatte und an einem Plasmocytom verstorben war. Unter dem gering abgesunkenen Implantatsattel fällt geflechtartiger Knochen auf, der von den angrenzenden Lamellensystemen durch unregelmäßige "Halte- oder Resorptionslinien" getrennt war. Diese Veränderungen deutet Hoppe im Sinne der Loo-ser'schen Umbauzonen, die charakteristischerweise an Stellen inadäquater Belastung anzutreffen sind. Die reaktive Neubildung von geflechtartigem Knochen zeigt nach Meinung Hoppe, daß der Kiefer auf Belastung funktionsgerecht reagieren könnte und daß dort, wo Faser- und Lamellenknochen direkt aneinander

grenzen, ein gewisser Gleichgewichtszustand der Umbauvorgänge erreicht worden sei.

E n o s s a l e I m p l a n t a t e

Tierexperimentelle Veröffentlichungen über enossale Dentalimplantate sind - wie die umfangreiche, aber keineswegs vollständige Tabelle IV andeutet - heutzutage bereits kaum mehr überschaubar.

Die biologischen Fragen sind ähnlich wie bei den subperiostalen Gerüstimplantaten. Andererseits unterscheidet sich das enossale Implantat in seinen zahlreichen Varianten bezüglich der Operationstechnik und der gänzlich andersartigen Übertragung der Kaukräfte auf das Knochenlager doch so erheblich von den subperiostalen Verfahrensweisen, daß spezielle Tierversuche mit enossalen Methoden gerechtfertigt sind.

Es würde zu weit führen, im einzelnen auf jede zitierte Arbeit in der Übersicht einzugehen - die wichtigsten Daten und Ergebnisse mögen aus der Tabelle IV ersehen werden.

Beim ersten Blick fällt auf, daß die tierexperimentelle Forschung mit enossalen Implantaten bis in jüngste Zeit ständig anhält, während entsprechende Arbeiten über Gerüstimplantate ab 1970 spärlich geworden sind. Ein Grund mag sein, daß die Versuchstechnik mit subperiostalen Implantaten schwieriger ist. Außerdem lassen sich enossale Implantate in den zahlreichen neuen Werkstoffen, die heute getestet werden, leichter herstellen als die

Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Dewey (57) 1932	Hund	Gold, Silber, Porzellan	Ø		Nach 9T Epithelisierung
Abel (1) 1934	Hund (3)	Wipla-Porz.	Ø	4-8W	
Müller (178) 1938	Hund	Gold, Glas, Platin	Ø	ca.2M	Kapselgewebe reagiert auf Druck u. Zug
Strock (272) 1943	Hund (1)	Vitallium- schraube	Ø	115W	Gute Verträglichkeit
Hammer (84) 1955	Kaninchen Affe	Palavit,Zahn- replantation	Ø	5-13M	Geflechtknochen um Palavit (Affe)
Waerhaug (289) 1956	Hund (4)	PMMA (34)	Ø	7-129T	Cuticula; direkter Knochenkontakt
Ciriello (41) 1957	Hund	Vitallium,Wisil Remanit,Nobilium Durallium,Arden	Ø	3M	Knochenkontakt (Arden)
Hegedüs (96) 1958	Hund	Autopolymerisat PMMA-Spongiosa	?	bis 1J	PMMA-Spongiosa 50 % Mißerfolge n. 14T
Waerhaug (288) 1958	Hund	Autopolymeri- sat (19)	?	10-85T	Epitheleinscheidung
Johnson (124, 125) 1963	Ratte	PMMA-Incisivi		12M	Oberflächenparallele Bindegewebekapsel
Pasqualini (115) 1963	Hund (28)	Kunststoff, Por- zellan, Stellite Pt-Ir, Au-Legierung	Ø	8-12M	Zylindrische Hohlform und Gitterimpl. sind am günstigsten
Seidenberg (255) 1963	Hund (5)	Vitallium-Körbe	Ø	4-10W	Ablauf der Einheilung
Terry (278) 1963		Vitallium-Schrau- ben mit Kragen aus Kunststoffen	?		
Hodosh (103) 1964	Hund Pavian (6)	PMMA-Zahnrelika +			"Pseudoperiodontal- membran"
Shklar (257) 1966	Pavian	PMMA-Zahnrelika +		3-5J	Gute Ergebnisse
Hodosh (104) 1967	Pavian (2)	PMMA-Zahnrelika + mit Perforation		6-12M	Knochenbrücke in Perforation
Hodosh (105) 1968	Pavian	PMMA + Knochen	+	3W-15M	Knochenanteil nicht über 20 %
Bränemark (30) Adell (3) 1969	Hund (12)	Spiralimplantat		bis 5J	z.T. Knochenkontakt
Brown (32) 1969	Rhesusaffe (2)	PMMA-Zahnrelika +		bis 14M	6 Impl. spontan ab- gestoßen
Harris (89) 1969	Kaninchen (17)	Vitallium-Zahn- relika (24)	+	14T-280T	Nur 4 Impl. ohne Entzündung
Kaheta (126) 1969	Hund (3)	Co-Cr-Schraube	+	132-180T	Ringförmige Binde- webefasern
Small (263) 1969	Hund (6)	Rostfreie Stahl- stifte (u-Form)	?	12-50W	Bei 2 Tieren Lockerung
Blakey (zit. 159) 1970	Hund	Schrauben (Metall, CBS)	?	6M	Im Gegensatz zum Metall Knochenkontakt an CBS
Hamner (88) 1970	Pavian (16)	PMMA-Zahnrelika +		2W-12M	15 Impl. abgestoßen
Sandhaus (237) 1970	Hund	CBS-Schraube	+	bis 18M	Gute Knochenbildung
Shklar (258)	Pavian (8)	Vitalliumstift	+	6-18M	Tripod hygienisch

Tabelle IV (Fortsetzung)

Tierversuche mit enossalen Dentalimplantaten

Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Armitage (4) 1971	Rhesusaffe (10)	Ti-Klingen (20)	?	3T-3M	Gute Gewebetoleranz
Hamner (86) 1971	Pavian (4)	PMMA-Zahnreplik u. Ca-Aluminate	+	2W-3M	An 5 Impl. schwere Entzündungen
Harris (90) 1971	Hund (9)	Co-Cr-Blätter, Ti-Blätter, Schrauben	(5) ?	3-67W	Ti dem Cr-Co. überlegen. Fluorescintest
Hodosh (106) 1971	Pavian (2)	PMMA + Zahnmehl	+	8-12M	Taschen 3,5 mm; Epithelinduktion d. Zement?
Manderson (165) 1971	Minischwein (6)	Ti-Schraube	(+)	4-21T	Apicale Epithelinseln
Murphey (179) 1971	Ratte	Vitalium-Impl.	?	6M	Entzündungen
Sampaio (234) 1971	Hund	Ta-Nadelimpl.	?	60-120T	Gute Gewebeverträgl.
Scopp (254) 1971	Affe (1)	Transfixation	+	6M	Erfolgreiche Impl.
Arnaudow (7) (1972)	Minischwein	PMMA-Stift PMMA-Zahnimpl.	?	3M	Gute Gewebetoleranz
Babbush (14) 1972	Hund (2)	blade vent (8)	Ø	6-12M	Ossäre Durchwachsung
Baumhammers (19) 1972	Hund				Epithel produziert Adhäsivstoffe
Heinrich (97) 1972	Hund (3)	Ta-Schraube	Ø	8M	Knochenkontakt
Hodosh (109) 1972	Pavian (2)	PMMA geschäumt +20% Kieler Knochen	+	6-12M	Gute Stabilität ohne Schienung
Lucatorto (160) 1972	Katze (7)	Al ₂ O ₃ -Keramik (porös)			Mißerfolge durch mangelhafte Fixation
Zarb (308) 1972	Hund (4)	Vitaliumimpl. m. PMMA zementiert	Ø	3-10M	1 Impl. abgestoßen, 8 locker
Ashman (8) 1973	Hund (1)	PMMA-Zahnreplika	+	6M	Normaler Knochen
Camron (35) (1973)		Gesintertes Vitalium	+		Mikrobewegung erlaubt Knocheneinsprossung
Grenoble (79) 1973	Hund (3)	Glaskohle-Stift (23)	?		Sehr dünne Kapsel
Hamner (85) 1973	Pavian	PMMA-Zähne, Ca-Aluminate, pyrol. Carbon	?	34M	Durch Betel-Nuß-Kauen carcinoma in situ
Hamner (87) 1973	Pavian (13)	Ca-Aluminate (26), Poren	Ø	2W-10M	Kronenfrakturen, Ankylose d. Impl.
Heuser (102) 1973	Kaninchen (4)	Ta-Nadelimpl.	Ø	17-187T	Knochenkontakt
Karagianes (128) 1973	Minischwein	Poröses Titan	Ø		Mißerfolg durch Lockerung
Meenaghan (171) 1973	Rhesusaffe (8)	blade vent	?	3W	Frühester Knochen: 3T p.op.
Natiella (181) 1973	Rhesusaffe	Ti-Klingen	(+)	bis 36M	Epitheltiefenproliferation (Mobilität)
Narang (180) 1973	Hund (7) Affe (6)	PMMA-Replika mit DABM-Mantel (65)	?	22W	Weiche Diät, 1x Tetra-cyclin pro Woche
Pillero (205) 1973	Hund (12)	Blattimplantate Ankerimplantate	+	8M	Gingivitis, Knochenresorption
Seltzer (256) 1973	Hund (1)	Vitalium-Transfixationsstift	+	146-340T	Korrosion an Vitalium
Babbush (11,12) 1974	Hund (1)	blade vent	?	1J	Gute Einheilung
Cross (52) 1974	Hund (4)	Ti-Blattimpl. (4) (grad. Perforation)	+	3M	3 Impl. fest, gute Knochenumwachsung
Doms (61) 1974	Hund (6) Affe (2)	Ta-Nadel, Ti-Klinge, 3-dimensionales Impl.	Ø	3-12M	Knocherne Durchwachsung
James (120) 1974	Hund (6)	Vitalium-Stift (12)	Ø	21T	Epithelansatz ähnlich Zahn
Karagianes (129) 1974	Minischwein	Poröses Titan Aluminiumoxyd (41)	Ø	5M	1 Mißerfolg

Tabelle IV (Fortsetzung)

Tierversuche mit enossalen Dentalimplantaten

Autor, Jahr	Species (Zahn)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Jacobs (118) 1974	Hund (1)	Blattimpl. (2)	Ø	1J	Ossale Durchwachsung der Perforationen
Kirschner (135) 1974	Meerschwein- chen	PMMA+TBB-Kataly- sator, Keramik	Ø		Gute Einheilung der Keramikkörper
McGee (170) 1974	Hund	Ca ₃ (PO ₄) ₂ (TCP) MgAl ₂ O ₄ -Keramik			Festes, bindegewebi- ges Attachment
Pedersen (197) 1974	Affe (10)	Poröse Al ₂ O ₃ - Keramik	Ø		Knocheneinsprossung
Picton (203) 1974	Affe (3)	Ti-Klinge m. Glas- kragen, Transfixationsstift		9M	Beweglichkeitsmes- sungen
Reedy (216) 1974	Hund	Glaskohle	Ø	4-9W	Neuknochen n. 8W
Richards (225) 1974	Hund	Ti-Blattimpl. (4)	Ø	3-12M	Direkter Knochenkon- takt, kaum Entzündung
Rusiniak (230, 231) 1974	Hund (6)	Transdentale Vi- talliumstifte	+		Potentialmessungen
Utz (284) 1974	Minischwein	Blattimplantat	Ø	bis 2J	"Haltelinien" i. Knochen
Young (306) 1974	Hund	Gesintertes Ti.			
Caravalo (37) 1975	Kaninchen	Elfenbeinimpl.			Resorption, schlechte Toleranz
Cranin (51) 1975	Hund (9)	Anker-Impl. mit Al ₂ O ₃ u. ZrO ₂ ummantelt	Ø	32W	9 Al ₂ O ₃ -u. 5 ZrO ₂ - n. 19W unbefriedigend
Grenoble (80) 1975	Hund	Glaskohle (14)	+	6-7M	5 Impl. abgestoßen, Fraktur an 3 Impl.
Hodosh (110) 1975	Affe (2)	PMMA+3% Glaskohle- mikroblasen	+	6M	Attachment der Kolla- genfasern am Impl.
Jahn (119) 1975	Affe	Blattimpl.	+	7-12, 5M	Bindegew. Aufhängung
Johns (122) 1975	Affe (2)	Klinge m. Glaskragen		48W	Kein Attachment
Kirschner (136) 1975	Meerschwein- chen	Poröse Keramik- stifte	Ø	6-24W	Nach 6W osteoides Gewebe in d. Poren
Kirschner (137) 1975	Meerschwein- chen, Hund	Keramikmasse + Dentinmehl	Ø	7-16W	Direkter Knochenkon- takt
Langeland (151) 1975	Ratte, Guinea- Schwein, Affe	Polyethylen, Teflon, Vitalium, Ti, Ta			Schwerere Entzündung in offenen Impl.
Lemons (154) 1975	Affe Kaninchen	Poröses Ti (geschlossen)	Ø		Direkter Knochenkon- takt
Markle (166) 1975	Hund	Glaskohle (24)	Ø	6M	Dichte Knochenapposit.
Picton (204) 1975	Affe (6)	Blattimplantat Transfixationsstift	+	bis 18M	Beweglichkeitsmes- sungen in vivo
Bloom (26) 1976	Hund (11)	6Al-4V-Titan (12)	+	12M	3 abgestoßen. Attach- mentverlust 2-3,6 mm
Dietz (60) 1976	Rhesusaffe (3)	Transfixation (12)	+	104T	Starke Entzündung
Gourley (77) 1976	Hund	Ti-Impl. (44)	Ø	bis 2J	40 Impl. erfolgreich, Sulcustiefe bis 2 mm
Hassler (92) 1976	Pavian	Al ₂ O ₃ -Keramik	?	bis 1J	Minimale Kapsel
Jacobs (116) (1976)	Hund (4)	Verschiedene Klin- gen (9), Nadeln (3), Schrauben (5)	Ø	bis 1J	Alle Nadeln abgesto- ßen; 3 Schrauben ab- gest., 2 locker
Johns (123) 1976	Affe	Blattimpl. (14)			8 Impl. abgestoßen
Karagianes (130) 1976	Minischwein (16)	Void-metal-comp. (VMC, 6Al-4V-Titan) Poröses Al-Oxyd	?	4-12M	4 Impl. (1VMC, 3Keramik) abgestoßen. Knochen in beiden Materialien
Klawitter (140) 1976		Bioglass-Stift	?	bis 6M	Keine Mobilität
Kotthaus (143) 1976	Minischwein	Schraube, Klinge + Nadelimpl.	+		

Tabelle IV (Fortsetzung)

Tierversuche mit enossalen Dentalimplantaten					
Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Maloney (164) 1976	Rhesusaffe (6)	Transalveoläre Polyethylen-Röhrchen	(+)	120 T	Gute Toleranz
Peterson (201) 1976	Hund (23)	Poröse Co-Cr-Wurzeln (46)	?	1-12M	33 Abstoßungen nach 1 Jahr
Peterson (200) 1976		Poröse Al ₂ O ₃ -Stifte (43)	?	bis 6M	Abstoßung aller Implantate
Schnitman (244) 1976	Pavian (16)	Poröse u. solide PMMA-Zanreplika (96)	?	24W	27 % der anterioren, 71 % der posterioren noch vorhanden
Simon (260) 1976	Hund (5)	Nadel, Klinge (5)	+	24 W	Metalloseuntersuchung
Stallard (270) 1976	Affe	Glaskohle	?	1J	Keine Fremdkörperreaktion
Stanley (269) 1976	Pavian	Bioglass-Zahnimpl.	?	6M	Kein bindeg. Attachm.
Svare (276) 1976	Rhesusaffe (7)	Blattimpl. ummantelt m. Proplast (14)	?	263-351T	Proplast ergab keine bessere Stabilität
Schroeder (246) 1976		Hohlzylinder mit Ti-Spritzschichtoberfläche	?	7M	
Weiss (293) 1976	Hund	Metallfaserstift (78)	?	bis 2J	11 abgestoßen Knocheneinwachsung
	Pavian (30)	dto (182)	+	36M	69 abgestoßen
Wolfson (302) 1976	Rhesusaffe	Al ₂ O ₃ -Stift (10)	+	139-232T	6 Impl. erfolgreich
Brunski (33) 1977	Hund	Blattimpl.	+	12M	Zweischichtige Kapsel, Faserknochen
Bunte (34) 1977	Hausschwein	Glaskeramik (20), PMMA (5), Al ₂ O ₃ (7)	Ø	64-104T	Ausstoßungsversuche, Glaskeramik überlegen
Chiarenza (39) 1977	Affe (2)	Blattimplantat	Ø	bis 63T	Strominduzierte Osteogenese
Dördelmann (62) 1977	Hund (10) Schwein (6)	Blattimplantat (31)	+(z.T.)	bis 4M	Ungeschiente Implantate gelockert
Driskell (63) 1977	Rhesusaffe	Al ₂ O ₃ -Blatt, Stift			Dichte Knochenadaptat.
Kibrick (133) 1977	Minischwein	Poröse Keramik, Dacron			
Klawitter (139) 1977	Hund (22)	poröse Al-Keramik (22)			Durch Porosität Infektion cervical
Lovas (159) 1977	Hund	poröse Keramik	Ø		Ungeschiente Impl. überwiegend abgest.
Maropis (167) 1977	Kaninchen (12)	Glaskohle, pyrolyt. Carbon u. Graphit-Silicon-Carbid, Ti	Ø	14-90T	Kein Material völlig gewebefreundlich
Mooney (175) 1977		Glaskohle, Silastic-Carbon, Titan			Pfeilerdurchtritt dicht gegen Indian-ink
Nelson (184) 1977	Ratte (8)	Polylactic acid, Polyglycolic acid, TCP	Ø		Gute Toleranz der abbaufähigen Substanzen
Peters (202) 1977	Minischwein (6)	Blattimplantat (12)			Strominduktion
Rolffs (229) 1977	Minischwein (5)	Ta-Schraube, Al ₂ O ₃ -Schraube	?	28-280T	Dünne Kapsel an erfolgreichen Impl.
Stanz (274) 1977	Schwein	Glaskeramik (156)	Ø	5W-5M	Knochenkontakt
Yeager (305) 1977	Affe (8)	Ticonium, Glaskohle, Al ₂ O ₃ , PMMA (64)	+	39W	Glaskohle u. Ticonium ist überlegen
Kirschner (134) 1978	Rhesusaffe (3)	Zahnreplantat mit partieller Al ₂ O ₃ -Wurzel	+	9W	Gute Einheilung
Krempien (148) 1978	Hund	Al ₂ O ₃ -Keramik	z.T.		Direkter Knochenkontakt

Tabelle IV (Fortsetzung)
Tierversuche mit enossalen Dentalimplantaten

Autor, Jahr	Species (Zahl)	Implantatart	Belastung	Liegezeit	Bemerkungen
Kristen (150) 1978	Hund	Al ₂ O ₃ -Keramik (108)	Ø	bis 8M	Zylindrische Form der konischen überlegen
Riess (226) 1978	Hund	Tricalziumphosphat			
Schulte (249) 1978	Hund (19)	Al ₂ O ₃ -Keramik (115)	z.T.	bis 8,5M	Belastete I. besser als unbelastete
Strunz (273) 1978	Schwein	Cr-Co-Impl. be- schichtet m.Ceravital	Ø	bis 6M	Direkter Knochenkon- takt
Young (307) 1978	Hund	PMMA-Impl. mit Pt-Kern	Ø	2 - 6W	Elektrostimierte I. fester im Knochen
Babbush (13) 1979	Hund (6)	Ti- u.Protusil- Blätter mit Ober- fläche n.Jonenbeschuß	+	9 - 12M	Kein Unterschied glat- te/rauhe Impl.
Ballintyn (16) 1979	Affe (3)	Impl. mit porösem ? Polysulfon-Mantel		2M	In den Poren Binde- gewebe u. Knochen
Baratieri (17) 1979	Hund (6)	Ti-Blätter (zur Hälfte geschl.)	?	52-97T	Erster Knochen n.15T, kein Unterschied of- fen/geschlossen
Clark (42) 1979	Pavian	Bioglass-Impl.	?	2J	Biochem.Analyse der Oberflächenschichten
Cranin (48) 1979	Hund	Carbon-ummantelte Vitallium-Impl.	?		Direkter Knochen- kontakt
Denissen (56) 1979	Hund	Ca-Hydroxylapatit (geschlossen)	Ø	18M	Sehr fester Knochen- verbund
Gettleman (76) 1979	Pavian (15)	PMMA-Zahnreplik (60)	+	bis 43W	Sulcustiefe prognost. wichtiger Parameter
Hassler (93) 1979	Pavian (9)	Gezackte Al- Keramik	+	bis 3J	Nur 15 % Mißerfolge, auch Einzelimpl.stabil
Hodosh (107) 1979	Pavian (12)	PMMA-Zahnreplik mit Carbon-Microballons	+	2J	
Kirschner (138) 1979	Meer- (28) schweinchen	poröse Keramik (geschlossen)	Ø	bis 24W	Knochenverbund nur bei unbel. Impl.
Köhler (142) 1979	Kaninchen Meerschwein.	Vitro-Keramik Titan,Tantal	Ø		Keramik den Metallen überlegen
Michieli (172, 173) 1979	Hund (5)	Carbon-ummantel- tes Vitallium	+	3-27M	Gute knöcherne Ein- heilung
Pedersen (196) 1979	Affe (5)	Al-Keramik mit poröser Haut (10)	?	6W-4M	z.T. direkter Knochen- takt
Yamane (304) 1979	Hund (25)	Al ₂ O ₃ -Biokeramik u. Ti-Impl.	?	3-24M	Kein signifikanter Un- terschied Keramik/Ti
Yanagisawa (303) 1979	Affe	Blattimplantate	+	Dauervers.	Photodensitometrie
Zarb (309) 1979	Hund (15)	Ti-Blätter, z.T. mit PMMA zementiert (30)	z.T.	9-12M	Mit u. ohne Zement gleich schlechte Ergeb.

Legende zu Tabelle IV:

In der Rubrik "Belastung" steht Ø für keine, ? für eine fragliche und + für eine ein-
deutige kaufunktionelle Belastung des Implantates. Unter "Liegezeit" bedeuten T die
Tage, W die Wochen, M die Monate und J die Jahre.

Von den Verfassern einer Untersuchung ist nur der erste Name angegeben.

stets individuell geformten subperiostalen Gerüste, für die von vornherein bestimmte Materialien, z.B. relativ brüchige Keramiksorten, nicht in Frage kommen.

Die große Mehrzahl der Publikationen über enossale Implantatversuche beschäftigt sich mit der lokalen Reaktion des Organismus auf das Implantat. Erwartungsgemäß unterscheidet sich die Morphologie der Gewebereaktion an enossalen Implantaten nicht wesentlich von den subperiostalen Implantaten. Die Anlagerung der Mundschleimhaut an den Implantatpfeiler erfolgt in Form einer etwa 2 bis 4 mm tiefen Tasche mit einem zart auslaufenden Epithel, das ähnlich dem inneren Saumepithel kaum Papillen zeigt (4,289,257,203,140,120,121). Wie beim natürlichen Zahn auch finden sich subepithelial mäßige lymphocytäre Zellinfiltrate (272,258,39,263,4). Sehr häufig stellen die Untersucher eine Tendenz zur Epitheltiefenproliferation fest (57,165,289,288,257,89,263,86,88,222,284,116,181,276). Man diskutiert als Einflußgrößen die Liegezeit der Implantate, eine individuelle Proliferationsbereitschaft des Epithels (Rheinwald, 222: "alveoläre Disposition"), mechanische Überlastung bzw. übermäßige Beweglichkeit des Implantates und lokale Entzündungsfaktoren. Mit dem Material scheint dieses Phänomen nicht zusammenzuhängen, denn fast durchweg an allen Werkstoffen wurde Epitheltiefenwucherung festgestellt, sofern ein belastetes Halbimplantat vorlag.

Verschiedentlich wurden auch Epithelzellnester

ohne Verbindung mit tiefengewucherter marginaler Schleimhaut (Hammer, 84; Manderson, 165) oder Zystenbildung (Svare et al., 276) konstatiert. Manderson (165) erklärt dies möglicherweise als Folge operativ in den Knochen verschleppter Epithelzellen, hält aber in Übereinstimmung mit Hammer (84) die Annahme für wahrscheinlicher, daß es sich um liegengebliebene Reste der Zahnleiste bzw. Malassez'sche Epithelreste handelt.

Harris und Lossin (90) haben in ähnlicher Weise wie Mack (162) den Fluoreszenztest nach Brill und Krasse an enossalen Implantaten angewendet, um die Dichtheit des epithelialen Abschlusses zu bestimmen. Auch sie konnten keinen Unterschied in der Taschensekretion zwischen Implantat und Zahn ermitteln.

Mehrere Untersuchungen beschäftigen sich mit dem zeitlichen Ablauf der *Fremdkörperreaktionen* beim enossalen Implantat (255,280,4,165). Die Ausbildung einer reifen Bindegewebekapsel mit typischen oberflächenparallelen Fasern ist nach etwa 8 Wochen abgeschlossen (255,280). Eine Knochenapposition läßt sich im Hundeversuch bereits nach 13 Tagen (289), beim Minischwein nach etwa 10 Tagen (165) darstellen. Das Knochengewebe vermag unter günstigen Bedingungen aktiv in Hohlräume und Unterschnitte des Implantates einzusprossen und zum Teil auch regelrechte Knochenbrücken durch Perforationen hindurch auszubilden (272,104,90,88,4,11,12,118,116,203,39).

Interessant ist die Frage nach dem Ausmaß der bindegewebigen Umhüllung des Implantates, die

als Ausdruck einer Fremdkörperreaktion im allgemeinen zu erwarten ist. Über eine ungewöhnlich dünne Bindegewebehülle (nur 1 Zellage) bzw. direkten Kontakt zwischen Implantat und Knochengewebe berichten folgende Autoren:

Adell (3), Blakey (zit. 159; Al_2O_3), Bränemark (30), Ciriello et al. (41; Arden-Legierung), Grenoble et al. (zit. 132; Glaskohle), Hassler (92; Al_2O_3), Heinrich (97; Tantal), Heuser et al. (102; Tantal), Jacobs (116; Degudent-Keramik), Picton et al. (203; Titan), Stallard et al. (270; Glaskohle).

Es hat den Anschein, daß die Verbindung zwischen Knochenlager und Implantat durch neuartige Werkstoffe (Keramik, Al_2O_3 , ZrO_2 , Tricalciumphosphat, Glaskohle, poröse und faserartige Materialien) sich wesentlich fester gestalten läßt, wenn man dem Knochengewebe die Möglichkeit bietet, sich besonders eng an die Implantatoberfläche anzuschmiegen oder sogar in resorbierbare bzw. poröse Werkstoffe einzusplassen.

In der Vergangenheit überprüfte die implantologische Materialforschung die Werkstoffe allein auf ihre mechanische und chemische Beständigkeit, sowie auf ihre Atoxizität hin. Obwohl diese Fragen nach Schlegel (241), Rheinwald (223) und Contzen (45) so gut wie gelöst erscheinen, werden derartige Untersuchungen mit verfeinerten Methoden weiter betrieben (Grasser und Anetsberger, 78; Spektralanalyse; Jacobs, 116, Rasterelektronenmikroskop; Nilles et al., 187, Elektronenmikrosonde; Seltzer et al., 256, Rasterelek-

tronenmikroskop und Elektronenmikrosonde; Simon, 260, Neutronenaktivierungsanalyse). Die an der Materialfrage orientierte Forschung der Gegenwart versucht zusätzlich, biodynamische Probleme in die Untersuchungen mit einzubeziehen. Von den Werkstoffen, die eine besonders feste Verbindung mit dem Knochen erlauben, verspricht man sich eine biologisch günstigere Übertragung der mechanischen Kräfte auf das Knochenlager.

Nilles et al. (187) testete am Hund geschlossene, nicht belastete Implantate aus rostfreiem Stahl, Titan, Calcium-Aluminate, Carbon und Polymethylmethacrylat (PMMA). Diese Substanzen wurden in einer porösen und einer soliden Form implantiert, wobei das Carbon nur eine sehr kleine Porenweite besaß. Lichtmikroskopisch ließen sich an und in den Implantaten mit Ausnahme des Carbons nach ca. 6 Wochen Osteonbildungen nachweisen. Nach 12 Wochen waren die Poren komplett mit Knochen ausgefüllt, wobei die Einsproßtiefe des Knochens 400 bis 800 μm betrug. Mit der Elektronen-sonde konnte man kalzifizierte Gewebe noch frühzeitiger aufzeigen: Bereits nach 17 Tagen lagen in den Poren verkalkte Strukturen; die Einsproßtiefe betrug in den größten Poren nach 6 Wochen etwa 500 bis 1000 μm .

Diese ermutigenden Beobachtungen am Hundefemur lassen sich jedoch nicht ohne Einschränkungen auf offene Kieferimplantate übertragen, wie die Versuche von Peterson et al. (201,200) zeigen. Diese Autoren implantierten Kunstwurzeln aus einer porösen Co-Cr - Legierung und

porösem Aluminiumoxyd (Al_2O_3). Binnen kurzem wurden die Keramikimplantate im Gegensatz zu den Metallpfeilern vollständig abgestoßen. Als Ursache schuldigt man die Porosität des Pfostens an, über den ein Invasionsweg für Bakterien in die Tiefe bestanden habe. Daher erscheint eine zu weitgehende Porosität nicht wünschenswert, zumal die mechanische Festigkeit stark abnimmt.

In Fortführung der Versuche mit der Acrylat-Spongiosa-Mischung nach Heiß (98), wie sie von Hegedüs und Inke (96) mit wenig Erfolg am Hund implantiert wurde, empfehlen Hodosh und Mitarbeiter (109,105), den Knochenanteil auf maximal 20 % zu begrenzen. Wahrscheinlich waren für diesen Vorschlag neben immunologischen Aspekten auch Gründe der Infektionsgefahr und der mechanischen Stabilität maßgebend.

Die Versuche Arnaudows et al. (7) zielen ebenfalls auf eine intensivere Verbindung zwischen Implantat und Knochen ab. Analog dem Charley'schen Verfahren zur Einklebung von Hüftgelenksendoprothesen werden die Kunststoffimplantate nach Arnaudow mit flüssigem Palacos-Kunststoff (PMMA), dem als Antibiotikum Gentamycin zugesetzt sein kann, in die vorgebohrte Alveole eingepreßt. Versuche am Minischwein erwiesen die gute Verträglichkeit des Palacos im Knochengewebe, in dessen Spongiosaräume der Kunststoff weit eindringen konnte.

Narang und Wells (180) versahen Acryl-Zahnwurzeln mit einer Haut aus dekalzifizierter, allogener Knochenmatrix (DABM) und erprobten sie am Hund und Affen. Die DABM-Implantate zeigten

zwar etwas stärkere entzündliche Symptome an der Gingiva, insgesamt aber verblieb in der Mundhöhle eine deutlich größere Anzahl der Kunststoff-Knochen - Kombinationen als der reinen Kunststoffimplantate.

Shnitman und Mitarbeiter (244), die mit porösen und soliden PMMA-Zahnrepliken experimentierten, stellten interessanterweise fest, daß anscheinend in den verschiedenen Kieferregionen eine unterschiedliche Tendenz zur Ausstoßung der Implantate besteht. Alle Implantate im posterioren Lagerbereich wiesen eine statistisch gesicherte, niedrigere Beweglichkeit auf als die im anterioren Lager. Nach 24 Wochen waren im ventralen Kieferbereich noch 27 % der Implantate vorhanden gegenüber 71 % in den dorsalen Bezirken (insgesamt 96 Implantate an 16 Pavianen).

Andere Ideen zur Verbesserung des Bindegewebigen oder knöchernen Attachments an Implantaten stammen von Weiss und Mitarbeitern (293) und der Arbeitsgruppe von Svare (276). Weiss verwendete ein metallisches Stiftimplantat mit einem enossalen Metallfaseraggregat, das er in einer umfangreichen Versuchsserie bis zu drei Jahren an Affen und Hunden testete. Die Abstoßungsquoten der teilweise belasteten Implantate war gering, Knochengewebe konnte in die Al-lenthesen einsprossen.

Svare et al. (276) beschäftigten sich mit Titanium-Blattimplantaten, die zum Teil mit Carbonfaser-Teflon-Composite (Proplast) beschichtet waren. Die Proplast-Haut hatte offensichtlich keinen Einfluß auf die Stabilität der

Klingenimplantate.

Wie sich die Grenzschicht zwischen Implantat und Lagergewebe entwickelt, hängt von zahlreichen Faktoren ab: Nach Laing et al. (zit. 46) beeinflußt die Konzentration und die Art der vom Implantat abgegebenen Metallionen die Stärke der Fremdkörperkapsel. Homsy und Mitarbeiter (111) weisen auf die Oberflächenspannung des Materials hin, eine Größe, welche über die Benetzbarkeit mit Wasser entscheidet. Ferner spielt es eine Rolle, ob sich Infektionen am Implantatpfiler abspielen, und ob eine mechanische Belastung oder Beweglichkeit des Implantates vorliegt (186,111,46,267,132).

Durch Schienung am Restgebiß läßt sich die Beweglichkeit des Implantates reduzieren. Ob allerdings eine Abstoßungsreaktion durch Schienungsmaßnahmen sicher zu verhindern ist, bleibt zweifelhaft. Klawitter et al. (140) verzeichneten den Verlust eines Implantates sogleich nach der Entfernung der 8 Wochen währenden Schienung. Peterson et al. (201) erlebten nach gleicher Schienungsdauer die Abstoßung von 15 Implantaten unmittelbar nach der Abnahme der Schiene bei insgesamt 46 Implantaten. Shulman et al. (259) untersuchte den Einfluß der Schienung an Glaskohle-Implantaten, beim Pavian. Zusammenfassend besagen seine Ergebnisse, daß die Schienung keinen Einfluß auf die Zahl der Carbon-Implantate hatte, die vollständig fest wurden. Die Schienung verhinderte aber den Verlust bereits beweglicher Implantate.

Mit Hilfe direkter Belastungsmessungen prüften

Wolfson und Mitarbeiter (302) quantitativ die Festigkeit der Verbindung zwischen Implantat (Al_2O_3 -Zylinder mit Rillen) und dem angrenzenden Knochengewebe nach der Einheilung. In den histologischen Schnitten von Präparaten, die gerade meßbar durch eine Last plastisch verformt waren, konnten sie an hämatoxylinophilen Linien zeigen, daß sich diese Zonen mikroplastischer Deformierungen an Punkten mit Spitzenbelastungen konzentrierten und in Richtung der Krafteinwirkung ausbreiteten. Weitere Untersuchungen zur Belastbarkeit des Knochen-Implantat-Verbundes stammen von Bunte und Mitarbeitern (34), die an Glaskeramik-, PMMA- und Al_2O_3 -Keramikimplantaten Ausstoßungsversuche vornahmen.

Peters et al. (202), Chiarenza (39) und Young et al. (307) benutzten Dentalimplantate im Tierversuch als Elektroden, um die elektrische Stimulation der Osteogenese zu untersuchen. Chiarenza (39) stellte nach Stromexposition bis zu $100 \mu\text{A}$ über 63 Tage eine verstärkte Knochenbildung und eine deutlich dünnere Bindegewebshülle gegenüber den nicht strominduzierten Vergleichsimplantate fest.

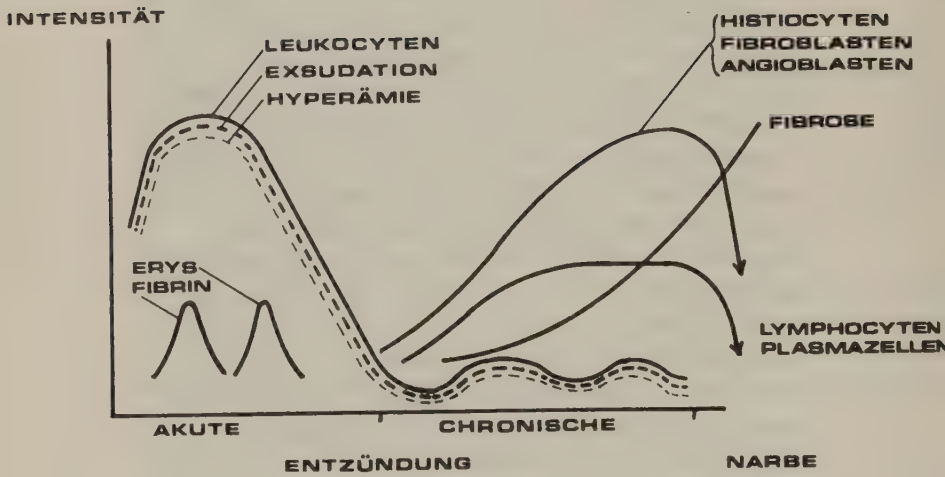
Seit den tierexperimentellen Untersuchungen von Turner (283) und Oppenheimer et al. (190) ist bekannt, daß durch Fremdkörperimplantationen Malignome ausgelöst werden können. Nothdurft (188) gelang 1955 der Nachweis, daß weniger die Art des Materials als vielmehr Form und Größe der Implantate für die Sarkogenese von entscheidender Bedeutung sind. Die Monographie von Ott (193) vermittelt eine übersicht-

liche Synopsis des umfangreichen Schrifttums zu diesem Thema. Eine Reihe kasuistischer Mitteilungen bei Ott zeigt, daß auch beim Menschen nach Fremdkörpereinpflanzungen bösartige Geschwülste aufgetreten sind. Allerdings betrifft nur einer der bisher bekannt gewordenen Fälle ein offenes Kieferimplantat (235): Bei einer 65-jährigen Frau, von der anamnestisch starker Alkohol- und Nikotinabusus bekannt war, entstand an einem subperiostalen Gerüstimplantat im Unterkiefer nach 3 Jahren Liegezeit ein verhornendes Plattenepithelkarzinom. Die spezielle zahnärztliche, implantologische Literatur hat bisher bei tierexperimentellen Arbeiten über fremdkörperinduzierte Malignome nicht berichtet. Im Gegenteil, die dem Autor vorliegenden Veröffentlichungen weisen zu einem großen Teil darauf hin, daß keinerlei malignitätsverdächtige Zellen gefunden worden sind (115,181, 4,88). Allerdings gelang es Hamner und Coautooren (85) an implantattragenden Pavianen durch das Kauen von Betel-Nüssen nach 34 Monaten starke Zellatypien und Neoplasien vom Typ des carcinoma in situ zu erzeugen. Die Gefahr einer Krebsauslösung im Zusammenhang mit Fremdkörpern sollte deshalb keinesfalls bagatellisiert werden.

Die Ergebnisse der bisher geschilderten tierexperimentellen Forschung lassen sich trotz verschiedener Versuchsmodelle und Fragestellungen auf einen gemeinsamen Nenner bringen, wenn man sich auf die vorherrschenden, pathologisch-anatomisch beschreibbaren Befunde beschränkt.

Bei der Einpflanzung einer Allenthesen bietet sich stets das Bild einer mehr oder weniger ausgeprägten Fremdkörperreaktion. Wie bei jeder Verletzung von Körpergewebe setzen nach der operativen Eingliederung des Implantates die Prozesse der Wundheilung ein, die im folgenden nach Coleman et al. (44) kurz skizziert werden sollen: Es kommt zu einer akuten Entzündungsreaktion, die mikroskopisch gekennzeichnet ist durch Vasodilatation, Ödem und polymorphnukleäre Leukocyten, die Wunddebris und Zellreste phagocytieren. Dauert die Noxe (z.B. durch Infektion) längere Zeit an, geht die akute Entzündung über in eine chronische. Sie ist durch Macrophagen und Lymphocyten charakterisiert, die allmählich gegenüber den polymorphkernigen Leucozyten in den Vordergrund treten (Graphik I). Bei der Fremdkörperreaktion als Sonderform der chronischen Entzündung fallen zusätzlich die Macrophagen auf, die versuchen, das Fremdmaterial zu phagocytieren. Mehrere Macrophagen können sich zu vielkernigen Riesenzellen oder Polykaryocyten zusammenschließen. Ist der Fremdkörper für die Phagocytose oder Abstoßung zu groß, bildet sich ein Granulationsgewebe, das aus Fibroblasten und Angioblasten in einer kollagenen Matrix besteht. Dieses Gewebe hüllt den Fremdkörper mit einer dichten Membran ein und grenzt ihn gegenüber dem übrigen Körpergewebe ab.

Wie die vorangegangenen Ausführungen gezeigt haben, hängt das Schicksal eines Implantates weitgehend vom Verhalten des Epithels und des Knochenlagers, sowie von der weiteren Ausfor-



Graphik I

Schematische Darstellung der Zell- und Gewebeveränderungen im Verlauf der Entzündung (nachgezeichnet nach Sandritter, 238).

mung der bindegewebigen Kapsel ab, wobei pathologisch-anatomisch die Nekrose, die Hyperplasie, Calcifikation, Liquefifikation, Hyalinisierung und Verkäsung, aber auch eine epitheliale Einscheidung des Fremdkörpers möglich sind.

Als wichtigste Faktoren bei diesen Reaktionen lassen sich neben den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Implantates, der artspezifischen und individuellen Disposition und dem aktuellen Gesundheitszustand des Wirtsorganismus u.a. folgende Punkte zusammenfassend aufzählen: Belastung und Mobilität des Implantates, das Vorliegen einer Infektion, Lokalisation des Implantates im Körper, implantatbedingte Beeinflussung der Zellmembranpotentiale und piezoelektrische Effekte am Knochen.

2.2. Fragestellung der eigenen Tierversuche

Wie die Literaturübersicht zeigt, sind im Laufe der Zeit die tierexperimentellen Arbeiten mit ihrer Problemstellung immer mehr in spezielle Details gegangen. Die ursprüngliche Frage nach der Gewebereaktion konzentrierte sich später auf die Art des epithelialen Ansatzes, die Ausbildung einer Bindegewebehülle und die Reaktion des Knochenlagers, wobei besonders die Bedingungen für eine verbesserte Haftung der Gewebeanteile am Implantat Beachtung finden.

Trotz der großen Zahl der Tierversuche ist die Anzahl der Versuchstiere, an denen eine bestimmte Implantationstechnik erprobt wurde, vergleichsweise gering. Die experimentell gewonnenen Aussagen zu einem bestimmten Implantattyp lassen sich schwer vergleichen, da die Versuchsbedingungen nicht standardisiert sind und oft stark differieren.

Die Tabelle V zählt eine Reihe von Faktoren auf, welche das Ergebnis eines Tierexperimentes entscheidend beeinflussen können. Wegen der großen Variabilität aller dieser Einflußgrößen ist eine Vielzahl von Versuchsmodellen mit den unterschiedlichsten Ergebnissen denkbar.

Betrachtet man die Literatur unter den Gesichtspunkten der Tabelle V, dann fällt auf, daß oftmals die Angaben über die Versuchsbedingungen unvollständig sind. Histologische Befunde werden oft ohne Ergänzung durch klinische und röntgenologische Verlaufskontrollen

vorgestellt. Gravierender ist schließlich der Mangel, daß ein großer Teil der eingepflanzten Implantate keinerlei kaufunktioneller Belastung ausgesetzt war (siehe Tabelle III und IV), weil eine Suprastruktur gänzlich fehlte, weiche Diät verabfolgt wurde oder auch die Implantatpfiler stark gekürzt wurden.

Wie bedeutsam die mechanische Beanspruchung des Implantates in ihrem überlagernden Effekt auf die Fremdkörperreaktion sein kann, und in welchem hohem Ausmaß das Versuchsergebnis davon abhängen kann, wurde bereits mehrfach betont (45,62,111, 132). Block und Beckstroem (25) weisen aufgrund ionometrischer Untersuchungen zur Metallose darauf hin, daß alle biologischen Experimente mit Metallproben zur Feststellung der Gewebeverträglichkeit unzureichend sind, sofern keine mechanische Belastung der Metalle und damit keine Möglichkeit der Spannungskorrosion gegeben ist.

Daher soll in eigenen tierexperimentellen Untersuchungen am Hund die Gewebereaktion bei verschiedenen enossalen Dentalimplantaten unter echter kaufunktioneller Beanspruchung geprüft werden, wobei neben den histologischen auch klinische Befunde dokumentiert werden.

Als Untersuchungsobjekte dienen Nadel- und Klingenimplantate, die bereits vielfach am Menschen angewendet werden, obwohl relativ wenige tierexperimentelle Arbeiten darüber existieren. Es werden die am Menschen gebräuchlichen Tantal-Nadeln nach Scialom und Titan-Klingenimplantate nach Linkow ausgewählt. Nachem Rheinwald (224,222), Staegemann (268), Schüle (247)

Tabelle V

Einflußgrößen bei tierexperimentellen Versuchs-
modellen mit Dentalimplantaten

1) Versuchstier

Species, Anzahl, Gesundheitszustand, Bedingungen der Tierhaltung, Benutzung für anderweitige Versuchszwecke, Alter

2) Implantat

Anzahl, Material, Form, Art der Einbringungstechnik (z.B. einzeitig - zweizeitig)

3) Belastung

Art der Suprastruktur und Gegenbezahnung, Achsenrichtung der Pfeiler, Anzahl der ersetzten Zähne, Konsistenz des Futters, Schienung am Restgebiß, Zeitdauer der kaufunktionellen Belastung, Einfluß von Parafunktionen bei Spiel und Kampf

4) Orale Hygiene

Art der Kost (Plaquebildung, Antibioticazusatz), externe Hygienemaßnahmen, Selbstreinigungstendenz, hygienische Suprastruktur

5) Lokalisation des Implantates

Kieferregion, Knochenstruktur, Grenzen beweglicher - unbeweglicher Schleimhaut

6) Versuchsdauer

7) Experimentator

Operationstechnik und postoperative Nachsorge, subjektive Interpretation von Befunden

und Hoppe et al. (114) hervorheben, daß auch die Silber-Palladium - Legierung Palliag wegen ihrer Gewebeverträglichkeit als Implantatwerkstoff geeignet sei, werden auch Ag-Pd-Klingenimplantate in einer modifizierten Formgebung nach Heinrich in das Versuchsprogramm aufgenommen.

Bei Implantationen im Oberkiefer-Seitenzahngebiet ist bekannt, daß es immer wieder einmal zu Perforationen in die Kieferhöhle kommen kann. An einer kleinen Anzahl von Implantaten sollen deshalb im Tierexperiment die Folgen einer solchen Komplikation studiert werden.

Die Tantal-Nadelimplantate und Palliag-Klingen sollen nicht allein histologisch geprüft werden, sondern in einer von Simon (260) veröffentlichten Untersuchung wird mit Hilfe der Neutronenaktivierungsanalyse der Frage nachgegangen, in welchem Umfange derartige Implantate im ortsständigen Lagergewebe und in den inneren Organen der Versuchstiere Metallablagerungen bewirken.

2.3. Material und Methode

2.3.1. Versuchsserie I (Randzio, Hausner)

Die erste Versuchsreihe (Operateure: Randzio und Hausner) sollte der Testung von Tantalna-delimplantaten⁺ nach Scialom (253) und Silber-Palladium-Blattimplantaten dienen. Die Nadeln standen in der handelsüblichen Ausführung zur Verfügung. Die Blattimplantate wurden in der Formgebung nach Heinrich (277), aber ohne subperiostale Aufleger und mit verkleinerten, auf den Hundekiefer abgestimmten Außenkonturen aus homogenisiertem Palliag (Fa. Degussa) im klinikeigenen Labor hergestellt (Abb. 1). Zur Orientierung bei der Festlegung der Größenabmessungen dienten als Vorlage die extrahierten Prämolaren und Röntgenaufnahmen vom Hundekiefer. Die genaue Zusammensetzung des Palliag war nicht zu erfahren, dürfte aber nach Weikart (292) aus 20 bis 30 % Palladium, 60 bis 70 % Silber und etwa 10 % zusätzlichen Metallen bestehen.

Sechs etwa einjährige, männliche und weibliche Beagle-Hunde (Gewicht 7,5 bis 9 kg) sollten jeweils im Seitenzahnggebiet des linken Unterkiefers (Region der Prämolaren) eine Nadelimplantat-Brücke und auf der gegenüberliegenden Seite des Unterkiefers eine Blattimplantat-Brücke erhalten.

Drei Monate nach der Extraktion der Unterkieferzähne P_1 bis P_4 (siehe Abb. 2) rechts und

⁺ Hersteller: Fa. C.E.D.I.A., 320 rue Saint-Honoré, 75-Paris 1

links in Allgemeinnarkose wurden die Implantate und Brücken in einer Sitzung eingegliedert. Nach Prämedikation mit 0,6 ml Combelen und 1,5 ml Polamivet intramuskulär eine halbe Stunde vor dem Eingriff begann die Narkose mit einer intravenösen Injektion von 3 bis 5 ml Nembutal (60 mg/ml), Dosierung und Repetition nach Wirkung. Im Unterkiefer rechts wurde nach einem Alveolarkammschnitt zwischen Eckzahn und erstem Molaren die Mucosa schonend abgelöst. Die Extraktionswunden waren knöchern gut ausgeheilt und nicht mehr erkennbar. Mit Hilfe einer nicht zu breiten Lindemann-Fräse wurde bei niedriger Tourenzahl und unter Kühlung mit Ringer-Lösung in den Alveolarknochen eine Rille vorgebohrt, in die sich mit leichten Hammerschlägen das Blattimplantat eintreiben ließ. Dabei war zu beachten, daß das Implantat zur Vermeidung eines "metallic transfer" mit keinem metallischen Instrument in Berührung kam, daß die Implantatschulter ca. 2 mm unter dem Alveolarknochen versenkt war, und daß die Pfeilerrichtung ungefähr mit der Kaukrafttrichtung übereinstimmte. Anschließend Reinigung von Wunddebris und dichter Wundverschluß mit Catgut.

In ähnlicher Weise erfolgte auf der linken Unterkieferseite die Ablatio. Die Löcher für die Tantalnadeln wurden mit dem dafür vorgesehenen Spiralbohrer unter Kühlung mit Ringer-Lösung vorgebohrt. Mit stark verminderter Tourenzahl (Reduzierzwischenstück) wurden die Nadeln dreifußartig in den Knochen eingebohrt, nachdem sie mit Aureomycinpaste beschickt waren.



Abbildung 1

Formgebung der in der Versuchsreihe I verwendeten Implantate.

- a) Tantal-Nadelimplantat nach Scialom mit Mandrell.
- b) Anordnung der Nadeln als Tripod im Oberkiefer.
- c) Tantal-Klingenimplantat nach Heinrich.

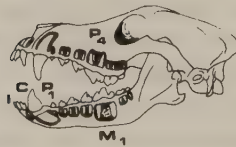


Abbildung 2

Gebißsystem eines ausgewachsenen Hundes (Seitenansicht. Nachgezeichnet nach Zietzmann, 312).

Es wurde Wert gelegt auf die richtige räumliche Orientierung der Nadeln: Mindestens 45° Winkel der Nadeln untereinander; Kreuzungspunkt außerhalb des Knochens; Nadelspitze möglichst in dem kompakten Knochen der Gegenseite; Achsenrichtung des Tripods entsprechend dem Kau-
druck. Nach dichtem Wundverschluß mit Catgut wurden die Nadeln mit der Zange gekürzt und parallelisiert.

Zur Anfertigung der Suprastruktur in der gleichen Sitzung mußten die Eckzähne soweit beschliffen werden, daß sie ohne Okklusionsbehinderung eine Kunststoffkrone tragen konnten. Anschließend wurde freihändig eine Kunststoffbrücke vom Eckzahn bis zum Implantatpfeiler aus Autopolymerisat (Paladur) modelliert. Untergelegter Cofferdam verhinderte, daß flüssiger Kunststoff in das Wundgebiet eindringen konnte. Eine 2 bis 3 mm starke Zwischenlage aus Optosil, die nach dem Erhärten des Kunststoffes entfernt wurde, ermöglichte einen frei unterspülbaren Brückensteg. Durch Auftragen bzw. Abschleifen von Kunststoff wurde eine ungestörte Okklusion mit den Gegenzähnen hergestellt.

Die Tiere erhielten einen Tag präoperativ und 15 Tage postoperativ ein Antibioticum (Penicilling/Streptomycin, 1,35 Mio. I.E. intramuskulär täglich). Alle Tiere überstanden den Eingriff in guter Verfassung und nahmen in den folgenden Tagen die gewohnte Nahrung (Hunde-Trockenfutter von fester Konsistenz) zu sich.

Am Anfang wurden die Tiere täglich, später zweimal pro Woche klinisch untersucht (Inspek-

tion der Mundhöhle, manuelle Beweglichkeitsprüfung). Bei der Beweglichkeitsprüfung waren 5 Lockerungsgrade zu unterscheiden, wie sie in der Übersicht aufgeführt sind.

Die Röntgenkontrollen erfolgten im Anschluß an den Eingriff, sowie nach 2 Wochen und nach 8 Wochen. Wegen der starken Verzeichnung der schräg-lateralen Unterkieferaufnahmen wurden später nach Sedierung der Tiere (Polamivet/Combelen) enorale Zahnfilme der Implantate angefertigt, wobei es nicht immer möglich war, die Implantate vollständig darzustellen.

Während der Versuchszeit waren die Tiere zusammen in einem Zwinger mit Freilaufgelände und konnten sich dort frei bewegen. Es erfolgten keine Maßnahmen zur Verbesserung der schlechten oralen Hygiene.

Ein Tier (1083) ging aus versuchsexternen Gründen nach 7 Wochen verloren, so daß hier keine weiteren Beobachtungen mehr gemacht werden konnten.

Zum Zeitpunkt der Tötung, die bei 4 Tieren nach 5 Monaten, bei einem Tier nach 13 Monaten stattfand, wogen die Hunde zwischen 9,5 und 13,5 kg. Nach Prämedikation (Combelen/Polamivet) erfolgte die Tötung durch eine Überdosis Nembutal (10 bis 15 ml schnell intravenös). Anschließend wurden die inneren Organe Leber, Niere, Milz, Lunge und Pankreas für die bereits erwähnte Untersuchung von Simon (260), sowie die Unterkiefer entnommen, letztere in 10 % Formalin fixiert.

Die histologischen Präparate wurden nach Knochenentkalkung (Dekal), Paraffineinbettung und

Hämatoxylin-Eosin- bzw. van Gieson-Färbung
durch die Abteilung für experimentelle Patho-
logie der Medizinischen Hochschule Hannover
(Abt.Vorst. Prof. Dr. U. Mohr) hergestellt.

Einteilung der Lockerungsgrade			
Grad	Beschreibung	Maximale Wegstrecke	
		lateral	achsial
I	eben fühlbar	0,5 mm	
II	gerade sichtbar,		
	deutlich fühlbar	1 mm	
III	deutlich sichtbar	2 mm	
IV	wie III, dazu be-		
	ginnende achsiale		
	Beweglichkeit	2 mm	0,5 mm
V	Allseitige Beweg-		
	lichkeit bei		
	leichtem Druck	> 2 mm	> 0,5 mm

2.3.2. Versuchsserie II (Schlegel/Reichart)

Zur Implantation mit Titanklingenimplantaten nach Linkow (Abb. 3, Typ E 20 S, E 4 S, L 4 S, L 6 D, E 6 S, E 12 S und E 8 S⁺) waren fünf zweijährige, weibliche Beagles vorgesehen (Versuchsdurchführung: Schlegel und Reichart). Nach Prämedikation (Combelen, Polamivet) wurden unter Allgemeinnarkose (Narcoren) bei allen Tieren durch Extraktion der Zähne P₁ bis P₃/P₄ ausreichend große Lücken im Seitenzahnbereich des Ober- und Unterkiefers geschaffen. Der Zahnentfernung schloß sich die Präparation der Pfeilerzähne sowie die Abdrucknahme an. Sowohl bei den Freiendimplantaten als auch den zwischengeschalteten wurde jeweils der Caninus als mesialer Brückenpfeiler beschliffen. Die Präparationsstufen lagen supragingival. Optosil-Xantopren diente als Abformmaterial. Im Labor wurde anhand der Modelle und der Röntgenaufnahmen der spätere Implantationsbereich festgelegt, so daß die Brücken zum Zeitpunkt der Implantation bereits vorlagen, und die Implantate der Lokalisation am Modell entsprechend eingegliedert werden konnten. Die Suprastrukturen bestanden aus Palliag, sie waren am Pfeiler mit Paladur-Kaltplast fixiert. 18 Wochen nach den Zahnextraktionen zeigte sich röntgenologisch eine gute knöcherne Durchbauung der Alveolen, so daß die Implantationen in

⁺ Hersteller: Oratronics Inc., New York, N.Y.
10017, USA

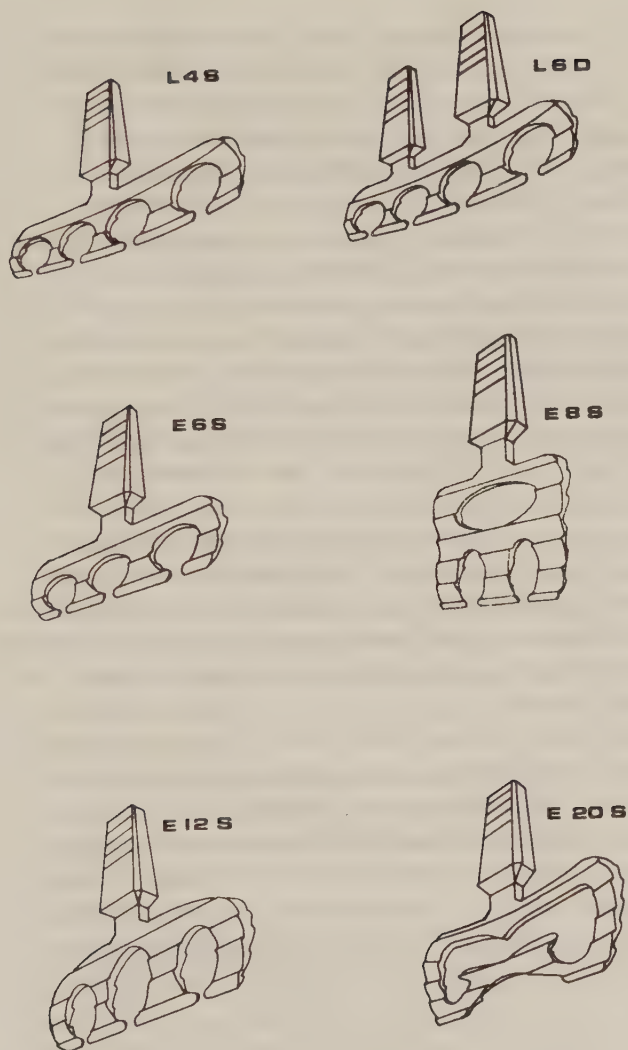


Abbildung 3

Formgebung der Titan-Blattimplantate nach Linkow, wie sie in der Versuchsreihe II verwendet wurden.

Allgemeinnarkose (wie oben) stattfinden konnten. Nach geradliniger Inzision auf dem Alveolarfortsatz wurde das Mucoperiost schonend nach buccal und lingual abpräpariert. Die Schnittführungen im Oberkiefer verliefen teilweise in leicht geschwungener Form, um den stark durchbluteten Anteil der aponeurosenartigen Oberkieferschleimhaut zu vermeiden. Dann wurde anhand des Modells der Implantationsbereich bestimmt und mit einer kreisförmigen Fräse eine der Lage des Implantates entsprechende Rinne im Knochen präpariert. Unter Zufuhr von physiologischer Kochsalzlösung wurde mit einem Tiefenfräser die Rille stufenweise vertieft. Sobald die Klingenschulter bei der Einprobe deutlich unterhalb der Knochenoberfläche lag, wurde das Implantat durch ein paar Hammerschläge im Knochen festgekeilt. Nach Reinigung des Wundgebietes folgte der Verschuß der Inzisionen mit Mersilene-Einzelknopfnähten.

Nach Abdeckung der Pfeiler mit Handschuhgummi wurden die vorbereiteten Palliag-Brücken mit Paladur-Autopolymerisat einzementiert, so daß die Implantate entweder als distale Endpfeiler oder als zwischengeschaltete Pfeiler die Suprastrukturen unterstützten. Anschließend wurde die Okklusion kontrolliert und korrigiert. Bei zwei Implantaten ragten die Pfeiler ohne Schienung frei in die Mundhöhle.

Vier Implantate waren im Oberkiefer so gesetzt, daß ihre Basis mit Sicherheit in den recessus maxillaris der Kieferhöhle hineinreichte.

Die nachstehende Übersicht zeigt die Verteilung

der Implantate an den fünf Versuchstieren (siehe Tabelle VI).

Postoperativ bekamen alle Tiere ein Antibiotikum (Reverin) für eine Woche verabreicht sowie ein pelletiertes Trockenstandardfutter (Altromin).

Die Liegedauer der Implantate bis zur Tötung der Tiere betrug 9 Monate mit Ausnahme des Hundes 40, der nach einem Bakteriologieversuch zur Frage der hämatogenen Keimabsiedelung in der Pfeilertasche an einer Sepsis verstarb. Hier lagen die Implantate nur 6 Monate in situ.

Zu den klinischen Untersuchungen der Versuchsreihe II gehörten:

- 1) Die klinische Inspektion der Gingiva am Pfeilerdurchtritt und der peripilären Gewebe.
- 2) Die manuelle Prüfung des Lockerungsgrades. Wegen der starren Schienung durch die metallischen Brücken war ein Rückschluß auf den tatsächlichen Lockerungsgrad nicht zuverlässig. Man verzichtete deshalb auf eine graduelle Einteilung.
- 3) Anfertigung von Röntgenaufnahmen 8 Wochen und 9 Monate nach den Implantationen.
- 4) Taschentiefenmessung mit graduierter Sonde an den Implantaten buccal und lingual vor der Tötung der Tiere.

Zur histologischen Untersuchung wurden nach Entkalkung (Dekal) und Paraffineinbettung von den Präparaten in zwei Schnittebenen Stufenschnitte von 6 μ m Dicke angefertigt, die mit Hämatoxylin-Eosin und nach van Gieson in gewohnter Weise angefärbt wurden.

Tabelle VI
Verteilung der Blattimplantate an den Versuchstieren

<u>Hund</u>	<u>Kiefer</u>	<u>Typ</u>	<u>Brückentyp</u>	<u>Besonderheit</u>
1785	Unterkiefer rechts	E8S	Freiendimpl.	
	Unterkiefer links	L4S	Freiendimpl.	
	<u>Oberkiefer rechts</u>	<u>L6D</u>	<u>Freiendimpl.</u>	<u>Sinuseröffnung</u>
1625	Oberkiefer rechts	E6S	Intermediär-	
			implantat	
	Unterkiefer rechts	L4S	Ungeschientes	
			Implantat	
	Unterkiefer links	L4S	Freiendimpl.	
	Oberkiefer links	E6S	Intermediär-	
			implantat	
				<u>Sinuseröffnung</u>
70	Oberkiefer rechts	E6S	Intermediär-	
			implantat	
	Unterkiefer rechts	E6S	Intermediär-	
			implantat	
	Oberkiefer links	E6S	Ungeschientes	
			Implantat	
				<u>Sinuseröffnung</u>
9003	Unterkiefer rechts	E20S	Intermediär-	
			implantat	
	Oberkiefer links	L4S	Intermediär-	
			implantat	
				<u>Sinuseröffnung</u>
40	Unterkiefer rechts	L4S	Freiendimpl.	
	Unterkiefer links	D6S	Intermediär-	
			implantat	
	Oberkiefer rechts	E12S	Intermediär-	
			implantat	

2.4. Ergebnisse der eigenen Tierversuche

2.4.1. Ergebnisse der Versuchsserie I

Alle Implantate sind in den ersten Wochen fest und relativ reizlos eingeheilt. Der klinische Verlauf ist im folgenden an jedem Tier dargestellt. Die intravital angefertigten Röntgenaufnahmen sind wegen starker Verzeichnung nur unvollkommen zu beurteilen. Allein die Aufbißaufnahmen ergeben ein vollständiges Bild vom Implantat, das nicht von dem der Gegenseite überlagert ist. Leider ist dieser Strahlengang für die Beurteilung der Knochenverhältnisse ungeeignet, so daß ich auf postmortale Aufnahmen von den Kieferpräparaten zurückgreife.

Tier 1100

Implantat-Typ: Nadeltripod im Unterkiefer links, Ag-Pd-Blattimplantat im Unterkiefer rechts; beides Freieindimplantate

Klinischer Verlauf

3. - 6. Woche: Beide Implantate reizlos und fest

7. - 10. Woche: Lockerungsgrad I an dem Nadelimplantat bei leichter marginaler Gingivitis.

Blattimplantat unverändert.

11. Woche: Lockerungsgrad II am Nadelimplantat bei leichter marginaler Gingivitis. Blattimplantat unverändert.

12. Woche: Nadelimplantat abgestoßen. Blattimplantat unverändert.

20. Woche: Blattimplantat Lockerungsgrad I, reizlose Gingiva, aber livide Verfärbung.

23. Woche: Blattimplantat fest; allerdings livide Verfärbung der Gingiva; distal schimmert das Implantat durch, beginnende Freilegung.

24. Woche: Blattimplantat fest, aber distal freiliegend bei livider Gingiva.

Röntgenbefund (Film seitlich anliegend) (Abb.4)
Das Klingenimplantat stellt sich im Bereich der mesialen Schulter ca. 2 mm unter der oberen Alveolarknochengrenze dar, im Bereich der distalen Schulter schließt das Implantat scheinbar mit der Knochengrenze ab. Um den distalen Fortsatz des Implantates ist eine deutliche Aufhellungszone mit weniger dichter Knochenstruktur erkennbar. Sie zieht keilförmig sich verschmälernd zur Spitze des distalen Implantatfortsatzes, die sich wieder innerhalb dichter Knochenstrukturen befindet. In den beiden Perforationen des Implantates zeichnen sich kranial Aufhellungssäume von 1,5 mm Breite in der distalen und etwa 1 mm Stärke in der mesialen Öffnung ab. Der mittlere und der mesiale Implantatfortsatz ist von relativ dichter Knochenstruktur umgeben. Das Klingenimplantat reicht nicht in den Mandibularkanal.

Tier 1104

Implantat-Typ: Nadeltripod im Unterkiefer links,
Ag-Pd-Blattimplantat im Unterkiefer rechts;
beides Freundimplantate

Klinischer Verlauf

3. - 6. Woche: Nadel- und Blattimplantate fest bei reizloser Gingiva.

7. - 10. Woche: Nadelimplantat Lockerungsgrad I (bei leichtem achsialen Federn), reizlose Gingiva. Blattimplantat in der 9. Woche abgestoßen.

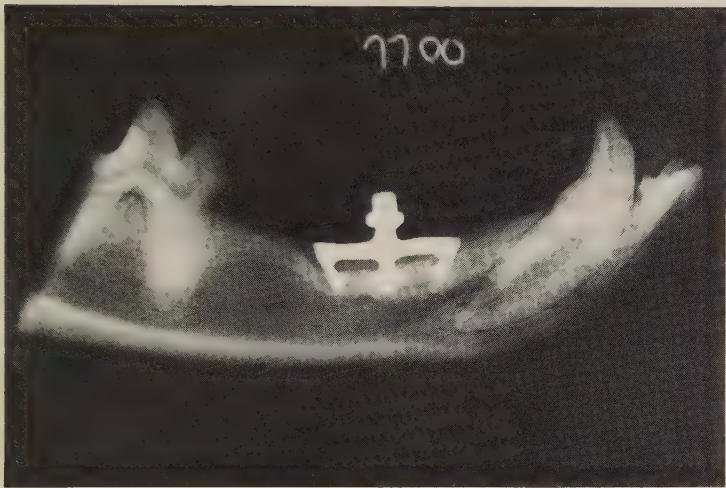


Abbildung 4
Seitliche Röntgenaufnahme des Klingenimplanta-
tes vom Hund 1100.

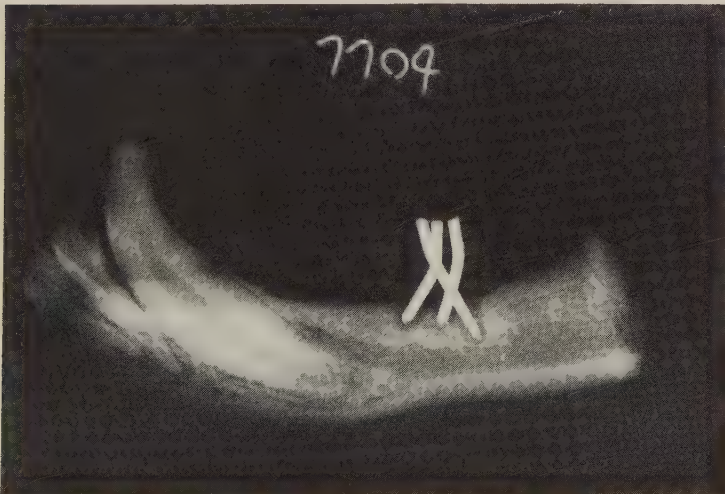


Abbildung 5
Seitliche Röntgenaufnahme des Nadelimplantates
am Hund 1104 (vergleiche Abb. 10).

11. Woche: Lockerungsgrad I am Nadelimplantat (bei leichtem achsialen Federn), leichte marginale Gingivitis. Reizlose Narbe im Bereich des abgestoßenen Blattimplantates.

13. Woche: Lockerungsgrad I am Nadelimplantat, dabei massive Gingivitis, Implantat erscheint abgesunken.

16. - 20. Woche: Nadelimplantat Lockerungsgrad IV, massive Gingivitis mit eitriger Taschensekretion.

23. Woche: Nadelimplantat Lockerung IV, achsiale Beweglichkeit hat zugenommen. Implantat druckschmerzhaft. Massive Gingivitis mit Sekretion von Pus.

24. Woche: Unveränderter Befund.

Röntgenbefund (Film seitlich anliegend) (Abb.5)
Alle drei Nadeln sind in ihrem enossalen Anteil von einer 1 bis 1,5 mm starken Aufhellungszone umgeben. Unter dem Zentrum des Dreifusses erscheint die obere Begrenzung des Alveolarknochen eingebrochen und unregelmäßig. In der vorliegenden Projektion stellt sich der knöchern verankerte Anteil der Nadeln viel zu kurz dar. Nachdem die ganze Mandibula verschmälert erscheint, ist eine fortgeschrittene Atrophie des Alveolarfortsatzes im zahnlosen Bereich zu vermuten, wofür auch die muldenförmige Konturierung der Knochengrenze um die Nadeln herum spricht. Der Vergleich mit der Wurzellänge der extrahierten Prämolaren deutet ebenfalls auf eine Alveolarfortsatzatrophie.

Die Nadeln tangieren nicht den Mandibularkanal.

Tier 1114

Implantat-Typ: Nadeltripod im Unterkiefer
rechts, Ag-Pd-Blattimplantat im Unterkiefer
rechts; beides Freidendimplantate

Klinischer Verlauf

3. - 5. Woche: Nadel- und Blattimplantat fest
bei reizloser Gingiva.

6. Woche: Nadel- und Blattimplantat fest; margi-
nale Gingivitis am blade vent.

10. Woche: Nadelimplantat unverändert. Am
Blattimplantat hat sich die Brücke gelöst. Pfei-
ler zeigt Lockerung III, reizlose Gingiva.

11. Woche: Nadelimplantat fest, Gingiva ca.
1 mm retrahiert. Blattimplantat Lockerung III,
reizlose Gingiva (ohne Brücke).

12. Woche: Nadelimplantat unverändert. Blatt-
implantat Lockerungsgrad III, distal freilie-
gend (ohne Brücke).

15. Woche: Brücke hat sich zusammen mit einer
Nadel gelöst. Die restlichen Nadeln sind fest.
Blattimplantat unverändert (ohne Brücke).

16. Woche: Nadelimplantat nach Erneuerung der
Brücke fest. Blattimplantat Lockerung IV, di-
stal freiliegend; mit neuer Brücke versehen.

20. Woche: Nadelimplantat fest, marginale Gin-
givitis mit Retraktion der Gingiva ca. 2 mm.
Blattimplantat Lockerungsgrad II, distal frei-
liegend, marginale Gingivitis.

23. Woche: Nadelimplantat fest, marginale Gin-
givitis mit Retraktion um 2 mm, livide Verfär-
bung. Blattimplantat Lockerungsgrad II, distal
freiliegend, marginale Gingivitis mit lividem
Saum.

24. Woche: Unveränderter Befund.

48. Woche: Nadelimplantat unverändert. Blattimplantat Lockerungsgrad III, obere Kante gänzlich freiliegend, marginale Gingivitis mit lividem Saum.

54. Woche: Nadelimplantat unverändert. Blattimplantat Lockerungsgrad IV, obere Kante freiliegend, livider Saum.

58. Woche: Unveränderter Befund.

Röntgenbefund (Film seitlich anliegend)

Nadelimplantat (Abb. 6): Es sind zwei Nadeln vorhanden, die v-förmig gespreizt in Höhe des Bodens vom Mandibularkanal enden. An beiden Stiften erscheint am Pfeilerdurchtritt eine muldenförmige Aufhellungslinie, die bei der mesialen Nadel ca. 2 mm, bei der distalen ca. 4 mm in die Tiefe reicht. Die Spitze der mesialen Nadel scheint in corticalem Knochen ohne Zeichen für eine Osteolyse abgestützt zu sein. Die Knochenstruktur in der Nachbarschaft der distalen Nadelspitze ist schwer beurteilbar, da sich der Mandibularkanal überlagert.

Blattimplantat (Abb. 7): Die Klinge ist deutlich nach mesial gekippt, wodurch sich die distale Schulter etwa 4 mm über die obere Begrenzung des Alveolarknochens erhoben hat. Die mesiale Klingschulter schließt mit dem Alveolarknochen ab. Um alle drei Implantatfortsätze zieht eine deutliche Aufhellungszone von 1 bis 1,5 mm Breite. Der Vergleich mit der Wurzellänge der extrahierten Prämolaren läßt auf eine Atrophie des Alveolarfortsatzes schließen. Die Knochenkontur oral vom Implantat ist unregelmäßig begrenzt und deutlich eingebuchtet. Das Implan-



Abbildung 6
Seitliche Röntgenaufnahme des Nadelimplantates
am Hund 1114. Eine Nadel ist bereits spontan ver-
lorengegangen.



Abbildung 7
Seitliche Röntgenaufnahme des Klingenimplanta-
tes am Hund 1114.

tat tangiert nicht den Mandibularkanal.

Tier 1081

Implantat-Typ: Nadel-Tripod im Unterkiefer
links, Ag-Pd-Blattimplantat im Unterkiefer
rechts; beides Freiendimplantate

Klinischer Verlauf

3. - 5. Woche: Nadel- und Blattimplantat fest
bei reizloser Gingiva.

6. Woche: Nadelimplantat unverändert. Blattimplantat Lockerungsgrad II, marginale Gingivitis.

7. - 10. Woche: Nadelimplantat Lockerungsgrad IV, ausgeprägte Gingivitis; das Nadelimplantat läßt sich mitsamt der Brücke ohne Anästhesie in toto aus dem Gewebe herausziehen. Das Blattimplantat ist in der 9. Woche abgestoßen worden.

11. Woche: Reizlose Narben im Bereich der ehemaligen Implantate.

Tier 1083

Implantat-Typ: Nadeltripod im Unterkiefer
links, Ag-Pd-Blattimplantat im Unterkiefer
rechts; beides Freiendimplantate

Klinischer Verlauf

3. Woche: Implantate sind reizlos und fest.

5. Woche: Lockerung des Nadelimplantates Grad I, massive Gingivitis. Am Blattimplantat Lockerungsgrad III, massive Gingivitis. Nach Kontrolle findet sich keine gestörte Okklusion oder andere Ursache.

6. Woche: Nadelimplantat Lockerungsgrad II. Blattimplantat Lockerungsgrad III. Beidseits

massive Gingivitis.

7. Woche: Das Tier ist aus versuchsexternen Gründen verlorengegangen.

Tier 1089

Implantat-Typ: Nadeltripod im Unterkiefer links,
Ag-Pd-Blattimplantat im Unterkiefer rechts;
beides Freiendimplantate

Klinischer Verlauf

3. - 6. Woche: Implantate reizlos und fest.

7. - 10. Woche: Nadelimplantat fest; Kunststoff-Brücke am Eckzahn frakturiert; reizlose Gingiva, ca. 1 mm retrahiert. Das Blattimplantat wurde in der 9. Woche abgestoßen.

11. Woche: Nadelimplantat fest, ca. 2 mm retrahierte, reizlose Gingiva. Reizlose Narbe im Bereich des ehemaligen Blattimplantates.

12. - 23. Woche: Nadelimplantat fest, ca. 2 mm retrahierte, reizlose Gingiva. Zwischenzeitlich mehrfach frakturierte Eckzahnkrone mit Paladur repariert.

24. Woche: Unveränderter Befund.

Röntgenbefund (Film seitlich anliegend) (Abb.8)
Von den drei Nadeln zeigt die Spitze der distalen einen osteolytischen Aufhellungssaum von ca. 1 mm Breite, der sich deutlich in der kompakten Knochenschicht abzeichnet. Im Bereich des Pfeilerdurchtrittes erscheint die Knochenstruktur unmittelbar am Implantat verschwommen; die Begrenzung des Alveolarfortsatzes verläuft aber geradlinig ohne Einbuchtung.

Aufbißaufnahme

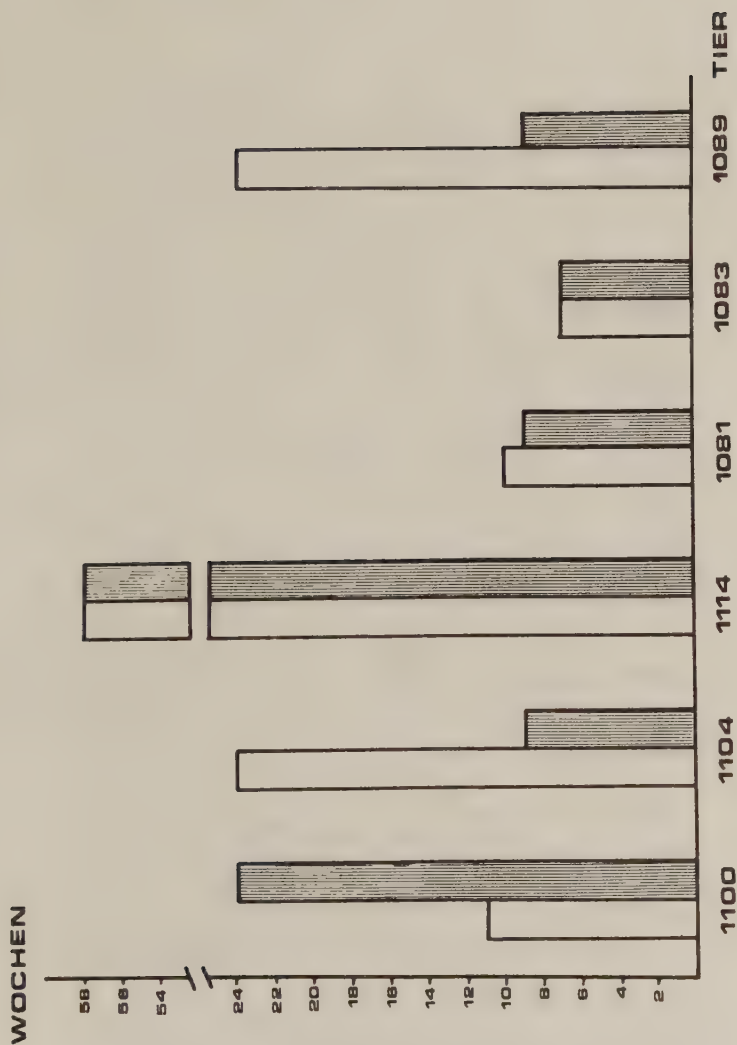
Die mittlere Nadel hat die laterale Compacta perforiert und steht etwa 2 mm über. Um die



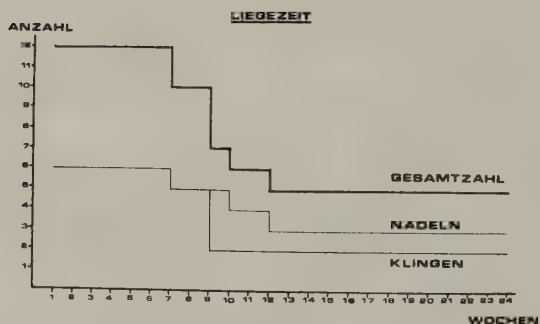
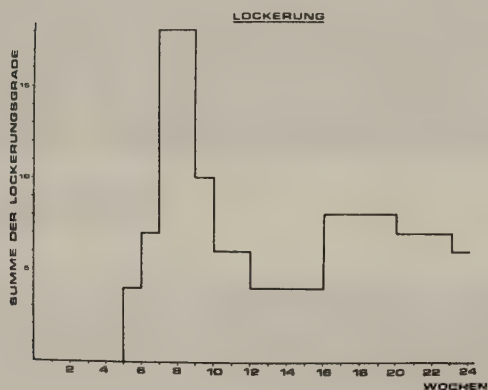
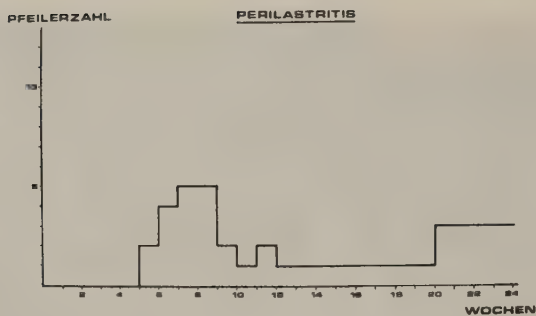
Abbildung 8
Seitliche Röntgenaufnahme des Nadelimplantates
am Hund 1089.



Abbildung 9
Aufbißaufnahme des Nadelimplantates am Hund
1089. Die mittlere Nadel perforiert die late-
rale Corticalislamelle des Unterkiefers.



Graphik II.
Liegezeiten der Nadelimplantate (linke Säule) und Klingenimplantate (schraffierte Säule) am Hund in der Versuchsreihe I.



Graphik III. Der zeitliche Verlauf der entzündlichen Symptome, der Lockerung und der Abstoßung von Nadel- und Klingeimplantaten am Hund in der Versuchsreihe I.

Spitze der distalen Nadel zeichnet sich im Abstand von etwa 1 mm eine kreisförmige Aufhellungslinie ab.

Will man aus diesen Befunden eine Bilanz ziehen, ergibt sich, daß von 6 Nadelimplantaten während 24 Wochen Versuchsdauer 3 Implantate verlorengegangen sind. Von 6 Blattimplantaten wurden in diesem Zeitraum 4 Klingen abgestoßen.

Die Graphik II zeigt übersichtlich die Liegedauer der einzelnen Implantate. Daraus ist zu ersehen, daß Blatt- und Klingenimplantate relativ häufig um die 9. bis 11. Woche ausgestoßen sind. Die Liegezeiten der verbleibenden Allenthesen zeigen keine wesentlichen Unterschiede.

Die Graphik III verdeutlicht den zeitlichen Ablauf der klinischen Befunde (Lockerungsgrad, Peripilastritis) im Zusammenhang mit der Liegezeit. Hier wird ersichtlich, daß der Phase der häufigen Abstoßungen um die 9. Woche ein Zeitraum von etwa 2 bis 3 Wochen mit einer starken Zunahme der Lockerungsgrade vorausgeht. Dem entspricht auch der zahlenmäßige Anstieg der Pfeiler, an denen eine Gingivitis bzw. Peripilastritis zu konstatieren war.

Ferner fällt auf, daß trotz ausbleibender Abstoßung zum Ende der Versuchszeit eine Zunahme der Befunde mit Peripilastritis bei Abnahme der Lockerungsgrade (durch Erneuerung bzw. Reparatur der Brücken) eintritt.

Um die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe abzuschließen, sollen die histologischen Befundberichte wiedergegeben werden, die von Dr. Hil-

ferich aus der Abteilung für Experimentelle Pathologie der Medizinischen Hochschule Hannover erstellt wurden. Die Präparate des Tieres 1114 standen für die feingewebliche Untersuchung nicht zur Verfügung, da sie für die von Simon (260) durchgeführte Metallose-Studie verwendet werden sollten.

Histologischer Befund des Tieres 1100 (Blattimplantat, Liegedauer 24 Wochen)

In der Übersicht erkennt man eine scharfrandige, trapezartige Ausfräsung des Kieferknochens mit kleinen, pilzartigen, basalen, derben Wülsten.

Mikroskopisch zeigen die äußeren Ränder ein mehrgeschichtetes Plattenepithel der Kieferschleimhaut. Angrenzend nach der Tiefe des Defektes zu ein zellreiches Granulationsgewebe mit Kernschutt, Nekrosen und Osteoklastensäumen. Auffallend ist das Fehlen von Narbenfasern, die sich auch bei der van Gieson-Färbung des entkalkten Knochens nicht aufdecken lassen, bzw. kaum an einer schmalen oberflächennahen Stelle sichtbar sind.

Die pilzartigen Gewebeformationen in der Tiefe bestehen aus Granulationsgewebe mit zentralen, zellarmen, derben Narben, der Knochenkompakta aufsitzend, oberflächlich mit Nekrosen bedeckt.

Epikrise: Scharfrandiger Artefakt der Knochenkompakta, durch Granulationsgewebe mit Nekrosen ausgekleidet, mit pilzförmigen basalen Narbenresten, die ebenfalls Granulationsgewebe und Nekrosen enthalten.

Histologischer Befund des Tieres 1104 (Nadelimplantat, Liegedauer 24 Wochen)

Makroskopisch (Abb. 10)

Beim Abpräparieren des Gewebes vom Metallstift erscheint dieses an der Innenfläche eher glatt, leicht bräunlich gefärbt; Farbe läßt sich etwas abspülen.

Mikroskopisch

Das mehrschichtige Plattenepithel an der Oberfläche ist zum Teil verschmälert, zum Teil mit verstärkter Akanthose. Nach der Gewebstiefe zu geht es über in ein zellarmes Narbenfeld. An der Innenseite findet sich kapillarreiches, eher zellarmes Granulationsgewebe mit Lymphocyten, am Rande verklumpte elastische Fäserchen. Die Eisenreaktion nach Berliner -Blau-Färbung ist negativ. In einem umschriebenen Bereich ist eine winzige Lamelle nekrotischen Plattenepithels an die Innenfläche angelagert (also tiefengewuchertes Plattenepithel; Anm. vom Verfasser). Auch hier kaum Leukocyten; Riesenzellen vom Fremdkörpertyp sind sehr selten. Im Polarisationslicht sind keine Fremdeinlagerungen nachweisbar.

Diagnose: Nicht mehr ganz frische, unspezifische Entzündung mit beginnender Vernarbung. Geringste Fremdkörperreaktion. Epithelakanthose. Kein Anhalt für Malignität, Tbc.

Histologischer Befund des Tieres 1089 (Nadel-implantat, Liegedauer 24 Wochen)

Lupenübersicht

Das mehrgeschichtete nicht verhornende Plattenepithel der Gingiva ist an zwei Stellen unterbrochen durch eine fjordartige Lücke im Knochen, links annähernd rechteckig, rechts spitzwinklig

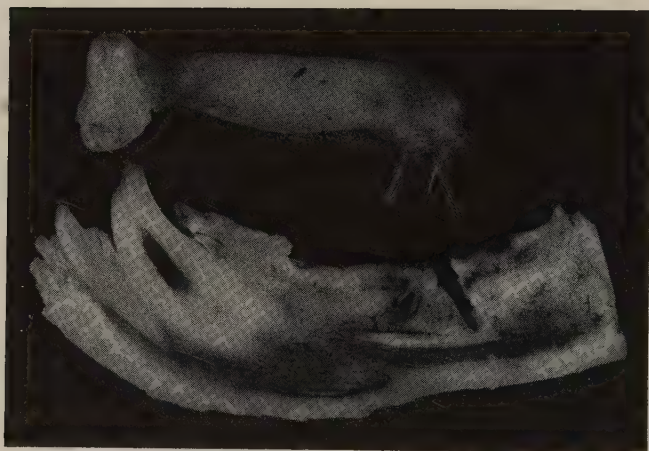


Abbildung 10
Sektionspräparat des Nadelimplantates am Hund
1104 (vergleiche Abb. 5)

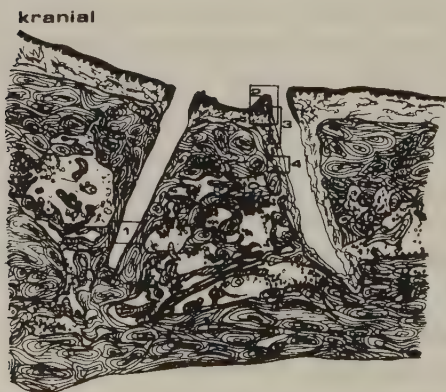


Abbildung 11
Lupenskizze des Lagergewebes vom Nadelimplantat
am Hund 1089; Liegedauer 24 Wochen; kaufunktio-
nell belastet. Die markierten Bezirke entspre-
chen den Abbildungen 12, 13, 14 und 15. Vergröße-
rung 13:1 (zur Reproduktion auf 1/3' verkleinert)
Färbung II.E.

in etwa 8 mm Tiefe endigend. Auffallend die verhältnismäßig scharfe Randbegrenzung (siehe Lupenskizze, Abb. 11).

Mikroskopisch

Linke Lückenränder zeigen an der Oberfläche Kernschutt und Nekrosen, sowie kleine Nester von Leukozyten. Epithel hier ersetzt durch schmales Granulationsgewebe. Dieses schiebt sich in die stiftförmige Lücke kaum vor, geht vielmehr im ganzen oberen Drittel des Kanals in eine schmale Narbenplatte über. Weiter nach der Tiefe zu werden die Lückenränder durch kompaktaähnlichen Knochen gebildet, selten mit kleinen Polstern von Fettmark und Kapillaren; einzelne Osteoklastensäume (Abb. 14).

Das Plattenepithel zwischen den beiden Lücken ist aufgelockert durch plasmazellreiches Granulationsgewebe, ohne ganz zerstört zu sein (Abb. 12).

In der Tiefe bis zum spitzwinkligen Ende des rechten Ganges zellreiches Narbengewebe als Wandauskleidung, auch mit Osteoklastensäumen. Diese Narbenplatte bedeckt auch in verhältnismäßig breiter Schicht die basale, breite Kompaktknochenmasse des Kieferknochens (Abb. 15, vgl. auch Lupenübersicht).

Epikrise: Zwei künstlich gesetzte fjordartige Lücken im Knochen von etwa 8 mm Länge, mit Auflockerung des dazwischen gelegenen Schleimhautepithels durch Granulationsgewebe.

Links grenzt nach der Tiefe zu zellreiches Narbengewebe an, schließlich verschwindet auch dieses und die Ränder bestehen aus kompaktem Knochen (Sklerosierungszone).

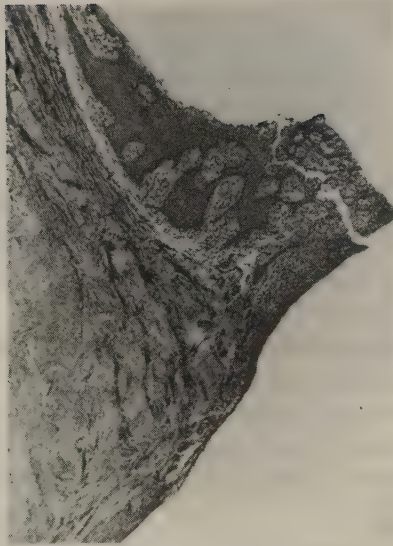


Abbildung 12
Pfeilerdurchtrittsbereich entsprechend dem Ausschnitt 2 der Abbildung 11. Umschlagstelle des mehrschichtigen Plattenepithels der Mundschleimhaut in die peripiläre Tasche. Vergrößerung 40:1. Färbung: H.E.



Abbildung 13

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 12 (entsprechend dem Rechteck 3 der Abb. 11). Das tiefengewucherte Taschenepithel endet in einer annähernd einschichtigen Zelllage.

Vergrößerung: 120:1



Abbildung 14

Situation in der Tiefe des Implantatbettes entsprechend dem Ausschnitt 1 der Abb. 12. Eine bindegewebige Auskleidung ist nicht mehr nachweisbar; wahrscheinlich besteht direkter Kontakt zwischen Nadel und Knochen. Keine Entzündungszeichen.

Vergrößerung 120:1. Färbung: Van Gieson

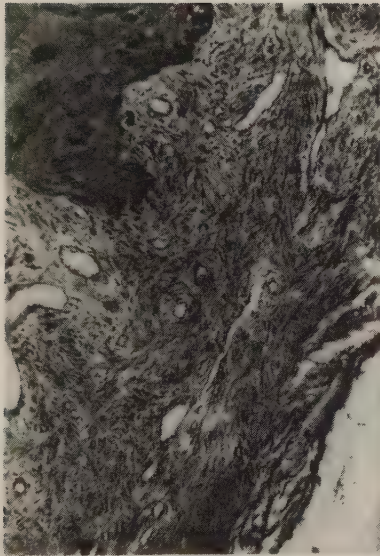


Abbildung 15

Im Gegensatz zur Abb. 14 kleidet hier (Ausschnitt 4 der Abb. 12) zellreiches Narbengewebe den Stiftkanal aus. Rechts unten Kanallumen (Ort des Implantates).

Vergrößerung: 120:1. Färbung: H.E.

Rechts wird im obersten Abschnitt etwas schma-
les Plattenepithel in den Eingang des Kanals hin-
eingezogen, geht über in zellreiches Narbengewe-
be, welches auch noch mit Osteoklastensäumen da-
zwischen die breite, basale Knochenplatte über-
deckt.

2.4.2. Ergebnisse der Versuchsserie II

Nach einer Liegezeit von 9 Monaten (bzw. 6 Monaten bei Tier 40) war keines der 15 Blattimplantate abgestoßen worden. Die Inspektion der peripilären Gewebe zeigte bei allen Tieren eine massive Ablagerung von Plaques an den Pfeilern und Brücken. Eine ödematös aufgequollene und leicht blutende Gingiva fand sich an den beiden ungeschienten Implantaten, zwei Oberkiefer- und zwei Unterkieferimplantaten. Das peripiläre Gewebe an den anderen Pfeilerdurchtrittsstellen zeigte trotz der Plaquebildung geringere oder keine klinischen Entzündungszeichen.

Die beiden ungeschienten Implantate wiesen in bucco-lingualer Richtung eine deutliche Lockerung auf. An den Freierend- und Intermediär-Implantaten im Ober- und Unterkiefer war keine Beweglichkeit fühlbar.

Röntgenologisch konnte man an beiden ungeschienten Implantaten eine breite und diffuse periimplantäre Transluzenz erkennen. Bei allen anderen Implantaten zeigte sich diese nur als feiner Saum um die Implantate.

Da die Röntgenbefunde wegen der starken Verzerrungen nur geringe Aussagekraft besitzen, sollen die histologischen Befunde ausführlich vorgestellt werden.

Nach fotomechanischer Vergrößerung erstellte Lupenzeichnungen von den Präparaten ergeben genauen Aufschluß über die Verteilung von Hart- und Weichgewebe im Implantatlager. Auch läßt sich anhand dieser Skizzen ungefähr die Taschentiefe und die Stärke der Bindegewebelage ab-

schätzen. Die Bindegewebestärke wurde an drei definierten Punkten (Implantatschulter, Ober-
rand Kreissegment, Unterseite der Implantatba-
sis) unter dem Mikroskop nachgemessen. Bei der
Bestimmung der Taschentiefe orientierten wir
uns nicht allein am sondierbaren Taschenboden,
dessen Meßwerte angegeben sind, sondern am En-
de des zart auslaufenden Schleimhautepithels
als tiefstem Punkt der Tasche. Der Taschenein-
gang wurde aus dem Schleimhautrelief rekonstru-
iert, das der Kontur des Implantatpfeilers
entsprach. Ein weiterer Anhaltspunkt war die
Verkleinerung bzw. das völlige Verschwinden
der Epithelzapfen nach dem Umschlag zum Ta-
schenepithel.

Die histologischen Befundberichte wurden mit
Unterstützung von Priv. Doz. Dr. P. Reichart,
Klinik für Zahnärztliche und Kieferchirurgie
der Medizinischen Hochschule Hannover, angefer-
tigt.

Histologischer Befund Tier Nr. 40, Unterkiefer
rechts (Abb. 16)

Blattimplantat L 4 S, Freiendimplantat, 6 Mo-
nate Liegezeit

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die pfeilerferne Mundschleimhaut erscheint un-
auffällig. Im Bereich des Pfeilereinganges be-
steht eine deutlich granulocytäre Entzündung.
Orthokeratose. Keine Epitheltiefenprolifera-
tion.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschul- tern

Oral von der linken Implantatschulter findet
sich lediglich lockeres submucöses Bindegewebe,



Abbildung 16

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 40, Unterkiefer rechts. Erklärung siehe Text. Ganz rechts (schraffiert) ist eine Zahnwurzel angeschnitten.
Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

dagegen über der rechten Implantatschulter eine deutliche Knochenlamelle. Die periimplantäre Bindegewebekapsel ist mäßig lymphocytär infiltriert.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente
Hier weist die periimplantäre Bindegewebekapsel eine relativ gleichmäßige Schichtdicke auf. Vereinzelt finden sich Ansammlungen von Lymphocyten. Im Isthmus des linken Kreissegmentes, d.h. an der Engstelle zwischen den fußartigen Implantatfortsätzen, liegt ein deutlich abgegrenztes Infiltrat von Granulocyten. Zentral in den Kreissegmenten befinden sich Knochenregene-

rate, die geflechtartig, aber auch lamellär-spongiös strukturiert sind.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 3,2 mm

Links im Schnittbild: 0,7 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,4 mm;

Oberrand Kreissegment: 0,4 mm

Unterrand Implantatbasis: 0,2 mm

Histologischer Befund Tier Nr. 40, Unterkeifer links (Abb. 17)

Blattimplantat Typ E 6 S, Intermediärimplantat;
6 Monate Liegezeit

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Am Pfeilerdurchtritt links ist das Epithel plötzlich abgerissen, rechts vom Implantatpfeiler sind Epithelteile desquamiert, beides vermutlich Artefakte. Rechts geringe Epitheltiefenproliferation. Beiderseits vom Pfeiler besteht eine intra- und subepitheliale lymphocytäre Entzündungsreaktion, die sich in das submucöse Bindegewebe fortsetzt und in der Tiefe allmählich verliert.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Links befindet sich nur submucöses Bindegewebe über der Implantatschulter, rechts ein Band aus lamellär-spongiös gebautem Knochen, das der Implantatkontur kontinuierlich bis zur Basis folgt und dort in eine relativ kompakte Knochenmasse mündet.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente

Die periimplantäre Bindegewebehülle im Seiten-



Abbildung 17
Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 40, Unterkiefer links. Erläuterung siehe Text.

Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

bereich des Implantates ist schmal ausgeprägt (ca. 0,1 - 0,2 mm). Fast regelmäßig ist ihre Gliederung in einen implantatnahen, faserreichen Anteil und eine zell- und gefäßreiche Lage zu beobachten, die dem Endost entsprechen könnte. Das periimplantäre Bindegewebe enthält fast keine Entzündungszellen. Während die Mehrzahl der Bindegewebefaser vorwiegend parallel zur Oberfläche des Implantates verläuft, sieht man im oberen Anteil des rechten Kreissegmentes

auch zahlreiche senkrecht und schräg zur Implantatoberfläche verlaufende Faserbündel.

Der Knochen im rechten Kreissegment ist lamellär-spongiös aufgebaut. Es finden sich keine ausgedehnten Abbauzonen, wohl aber lymphocytäre Elemente.

Im mittleren Kreissegment fällt ein unruhiger Verlauf der Bindegewebefasern in der periimplantären Kapsel auf, die nach oral halbmondförmig verdickt ist. Auch hier zeigt sich die bereits beschriebene Schichtung der Faser- und Gefäßanteile. Der zentrale Knochenkern im mittleren Kreissegment ist lamellär-spongiös strukturiert. Abgebrochene Osteone und unregelmäßige Begrenzungslinien des Trabekelwerkes weisen auf stattgehabte Resorptionen hin.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 2 mm

Links im Schnittbild: - (nicht meßbar)

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatanschulter: 0,5 mm

Oberrand Kreissegment: 0,3 mm

Unterkante Implantatbasis: 0,2 mm

Histologischer Befund Tier Nr. 40, Oberkiefer rechts (Abb. 18)

Blattimplantat E 12 S, Intermediärimplantat, Liegezeit 6 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die benachbarte Mundschleimhaut erscheint unauffällig. Keine Tendenz zur Epitheltiefenproliferation. Mäßige lymphocytäre Entzündungsreaktion im subepithelialen Raum. An der rechten Seite des Pfeilerdurchtritts ist eine ver-

mutlich artefizielle Epitheldesquamation zu erkennen.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Die periimplantäre Bindegewebekapsel ist relativ dünn ausgeprägt. Es überwiegen die oberflächenparallelen Fasern. Zwischen periimplantärer Bindegewebekapsel und der Submucosa liegt auf der rechten Seite eine dicke Lage von geflechtartigen Knochen - zum Teil mit lamellären Elementen -, der dicht an den Pfeiler heranreicht. Auf der linken Seite wird die Implantatschulter von vorwiegend geflechtartigem Knochen überlagert, der zum Bildrand hin von dem angeschnittenen Teil einer Zahnwurzel begrenzt wird. Links unten und ganz rechts im Bild erscheinen ebenfalls Anteile von längsgeschnittenen Zahnwurzeln.

3) Lagergewebe im Bereich der Implantatperforationen

In der rechten, ovalen Implantatperforation findet sich zwischen Implantat und Knochen ein Bindegewebeband. Der lamellär-spongiöse Knochen ist nach außen durch eine lamellär strukturierte, zum Implantat parallel verlaufende schmale Corticalis begrenzt. Am Isthmus der linken Implantatperforation bietet sich ein unruhiges Bild: Der Knochen, der auch in dieser Perforation regeneriert ist, zeigt Abbauzonen mit vereinzelt Osteoklasten und geringgradiger lymphocytärer Entzündungsreaktion. Viele Lakunen sind mit Bindegewebe ausgefüllt. Die periimplantäre Bindegewebekapsel über dem rechten Implantatfortsatz erscheint schnittbedingt stark ver-

breitert und deutet das sägenartige Seitenprofil des Implantates an.

Über den Implantatfortsätzen zeigt die periimplantäre Bindegewebekapsel den bei den anderen Versuchstieren wiederholt zu erhebenden Befund: Eine Lage faserreichen und zellarmen Bindegewebes wird zum Knochen hin von einer Schicht gefäß- und zellreichen, lockeren Bindegewebes (Endost) "gepolstert". Über den gerundeten Enden des Implantates erscheint die faserreiche Zone besonders komprimiert.

Die halbmondförmige Verdickung der Bindegewebemembran, die bei verschiedenen anderen Implantaten dem Knochen in den Perforationen wie eine "Haube" aufsitzt, wird hier nicht angetroffen. Es findet sich lediglich ein dünnes Band komprimierter, oberflächenparalleler Bindegewebefasern. Ihnen folgt eine dickere Lage quergetroffener Faserbündel, in die auch zahlreiche Gefäße eingestreut sind. Geflechtartiger Knochen mit Osteoklastensäumen schließt sich an, der mit seiner "Breccienstruktur" verschiedene Havers'sche Systeme verbindet (Abb. 19).

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 4,1 mm

Links im Schnittbild: 3,8 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,3 mm

Oberrand Implantatperforation: 0,2 mm

Implantatbasis: 0,8 mm



Abbildung 18

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blatimplantates am Hund 40, Oberkiefer rechts. Erläuterung siehe Text. Angeschnittene Zahnwurzeln sind schraffiert. Der Ausschnitt entspricht der Abbildung 19.

Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

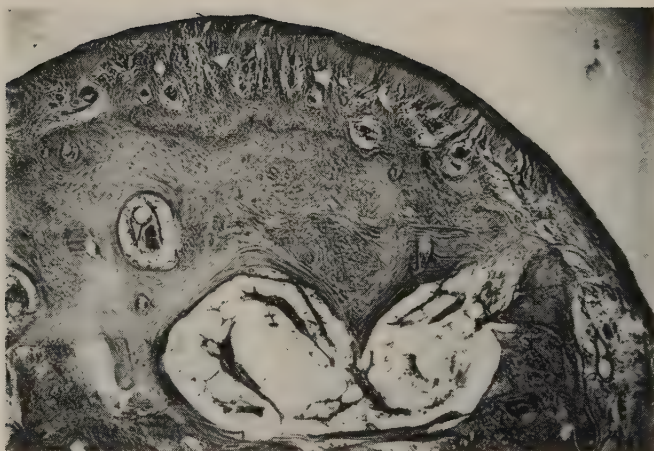


Abbildung 19

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 18. Die Grenze zum Implantat bildet ein dünnes Band komprimierter, oberflächenparalleler Bindegewebefasern. Ihnen folgt eine dickere Lage quergetroffener Faserbündel, in die zahlreiche Gefäße eingestreut sind. Geflechtknochen mit Osteoklastensäumen schließt sich an.

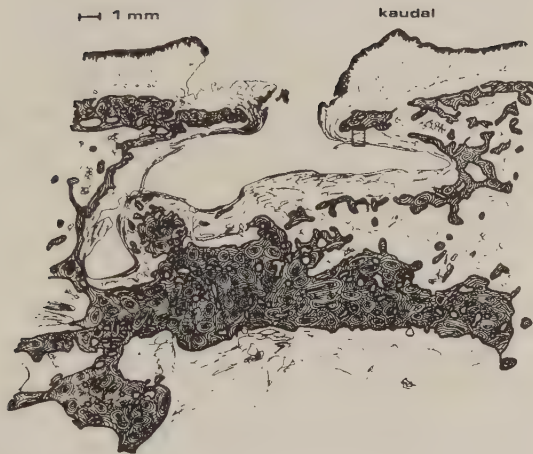
Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier Nr. 70, Oberkiefer links (Abb. 20)

Blattimplantat E 6 S, ungeschient, Sinuseröffnung, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die Mundschleimhaut zeigt normale Verhornung; im Bereich der Pfeilerperforation läuft das Epithel dünn aus, am Schluß nur noch in einer Zellage und mit Tendenz zur Tiefenwucherung. Im Bereich der Pfeiler beidseits subepithelial deutliche lymphocytäre Infiltration mit verein-



Abbildungung 20

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 70, Oberkiefer links. Erläuterung siehe Text. Der Ausschnitt entspricht der Abbildung 21. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

zelten Plasmazellen.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Die Implantatschultern sind beidseits bis dicht an die entzündlich infiltrierte Submucosa des Pfeilerbereiches mit relativ kompaktem Knochen überwachsen. Über der linken Implantatschulter herrschen lamelläre Osteonstrukturen vor, während sich über der rechten Klingenschulter implantatnah neben lamellärem Knochen auch solcher vom Geflechttyp findet.

Die Bindegewebehülle im Schulterbereich zeigt eine relativ scharf abgegrenzte Schichtung: Direkt zum Implantat grenzen oberflächenparallel, komprimierte, zellarme Bindegewebsfasern. Ihnen folgt eine aufgelockerte Gewebszone mit zahlreichen Gefäßen und diffuser lymphocytärer, entzündlicher Infiltration, an die sich die buchtenreiche, zum Teil mit Osteoklasten besetzte Knochengrenze anschließt.

3) Lagergewebe im Bereich der Implantatfortsätze

Es sind der linke Implantatfortsatz und das linke Kreissegment angeschnitten, so daß sich nur dieser Bezirk beurteilen läßt. Ab der linken Implantatschulter zieht eine ca. 0,25 mm starke Knochenlamelle kontinuierlich am Implantat entlang bis zum Implantatfuß, vom Metall nur durch eine dünne, zum Teil schräg angeschnittene Bindegewebslage getrennt. Zum Bildrand folgen der Knochenlamelle sehr weitmaschige Hohlräume der Spongiosa, während zur Tiefe hin die Knochenlamelle Anschluß zu einer kompakten Knochenlage findet, die dem Implantat als Widerlager dienen könnte. Dieser nur von kleinen Markräumen durchsetzte Knochen setzt sich in das linke Kreissegment fort, das er zu einem großen Teil mittig ausfüllt. Der Knochen ist vital und enthält normales Fettmark. Die Faserzüge der Bindegewebehülle verlaufen überwiegend oberflächenparallel.

Über den zweiten Implantatfortsatz (von links) projiziert erscheinen in der periimplantären Bindegewebekapsel Schleimdrüsen des Antrums, umgeben mit diffusen leukocytären In-

filtraten. Vereinzelt sind Streifen von Sinus-epithelien angeschnitten, welche anscheinend beginnen, die seitliche Implantatwand einzuschneiden. Weiter rechts im Bild, wo allerdings nur der seitlich vom Implantat gelegene Gewebebezirk getroffen ist, verläuft keine durchgehende Knochenlamelle als Begrenzung des Implantatbettes wie auf der linken Seite, sondern hier liegen nur einzelne, zum Teil zusammenhängende Knocheninseln, in dem weiträumigen Fettmark eingebettet.

Die Bindegewebekapsel wie auch das Knochenlager ist in der Tiefe bis auf den vom Sinus betroffenen Anteil weitgehend frei von entzündlichen Elementen. Der Verlauf der Bindegewebefasern entspricht überwiegend dem der Implantatkontur. Die metallnahen Faserzüge sind komprimiert und vom Knochen durch eine aufgelockerte, gefäßreiche Formation getrennt (Abb. 21). Die Bindegewebslage im Kreissegment erscheint etwas verdickt, aber nicht halbmondförmig verdickt.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 5,2 mm

Links im Schnittbild: . 4,7 mm

Zum Vergleich klinische Taschensondierung:

Buccal 4 mm, palatinal 8 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel:

Implantatschulter: 0,6 mm

Oberrand Kreissegment: 0,6 mm

Implantatbasis: 0,6 mm

6) Befund des Parallelpräparates, zweite Schnittebene

Das Mundschleimhautepithel erscheint hypertrophisch. Orthokeratose. Keine intraepithelialen

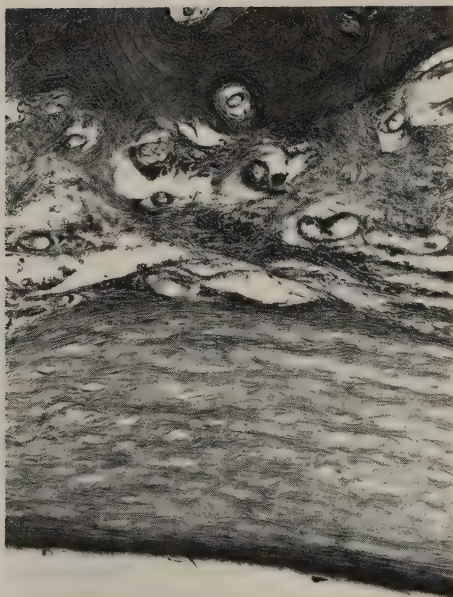


Abbildung 21

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 20 (Kasten).
An das Implantat (Lumen unterer Bildrand)
grenzt eine verdichtete, zellarme Bindegewebs-
lage, vom Knochen durch eine aufgelockerte,
gefäßreiche Formation getrennt. Geringe, peri-
vaskuläre Entzündung.

Vergrößerung: 60:1. Färbung: H.E.

Entzündungszeichen, wohl aber mäßige subepitheliale lymphocytäre Infiltration.

Im Präparat ist ein Teil einer Zahnwurzel, außerdem lamellär-spongiös gebauter Knochen angeschnitten. Das Flimmerepithel des ebenfalls getroffenen sinus maxillaris ist zerstört, teilweise hat ein Verlust des epithelialen Zusammenhanges stattgefunden; außerdem sind die Zilien verlorengegangen. Die granulocytäre entzündliche Infiltration im Bereich des Sinusepithels und der Schleimdrüsen weist auf eine eitrige Sinusitis maxillaris hin.

Histologischer Befund Tier Nr. 70, Oberkiefer rechts (Abb. 22)

Blattimplantat E 6 S, Intermediärimplantat;
Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die Mundschleimhaut zeigt Hyper- und Orthokeratose. Das den Pfeiler umsäumende innere Epithel läßt beidseits eine deutliche Proliferations-tendenz, aber keine bedeutsamen Entzündungszeichen erkennen - die verstreut liegenden Lymphocyten sind wohl in diesem Bereich als physiologisch anzusehen (Abb. 26).

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Zwischen Submucosa und rechter Implantatschulter liegt spongiöses, lamellär strukturiertes Knochenregenerat, das an der linken, etwas oberflächlicher gelegenen Implantatschulter fehlt.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente

Im linken Kreissegment befindet sich im oralen Anteil ein kräftiges (ca. 0,9 mm stark), halbmondförmiges Bindegewebepolster (Abb. 25).

Der restliche Kreisausschnitt ist von lamellärem, weitmaschig spongiösem Knochen durchwachsen, wobei die Markräume z.T. mit Fettmark ausgefüllt sind. Die zwischen Knochen und Implantat gelegene Bindegewebekapsel erscheint am linken basalen Implantatfortsatz verdünnt, als ob sie komprimiert wäre. Im linken Kreissegment keine Entzündungszeichen.

Im rechten Kreissegment stellt sich die periimplantäre Bindegewebekapsel wesentlich dünner dar (ca. 0,2 bis 0,3 mm); im Bereich des mittleren Isthmus möchte man direkten Kontakt des Metalls zum Knochen vermuten. Die ans Implantat angrenzenden Bindegewebefasern verlaufen weitgehend parallel zur Implantatgrenze. Bei etwa 13 Uhr und 11 Uhr findet sich in der Bindegewebekapsel ein zirkumskriptes lymphocytäres Infiltrat (Abb. 23 und 24).

4) Übriges Lagergewebe im Bereich der Endostruktur

Die periimplantäre Bindegewebekapsel ist in den einsehbaren Bezirken gegenüber dem spongiösen Lagerknochen von einer dünnen Innencorticalis mit lamellärem Aufbau abgegrenzt. Innerhalb des Knochens finden sich keine Entzündungszeichen. Am Knochen fällt die Weitmaschigkeit der spongiösen Struktur auf, der man nur geringe mechanische Belastbarkeit zutrauen möchte.

5) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 3,5 mm

Links im Schnittbild: 3,1 mm

Zum Vergleich die klinische Taschensondierung:

Buccal 4 mm, palatinal 3 mm



Abbildung 22

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 70, Oberkiefer rechts. Erläuterungen siehe Text. Die Ausschnitte entsprechen den Abbildungen 23, 24 und 25, die von einem Parallelschnitt abphotographiert wurden. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

6) Stärke der Bindegewebebekapsel

Implantatschulter: 0,4 mm

Oberrand Kreissegment: 0,9 mm

Implantatbasis: 0,2 mm

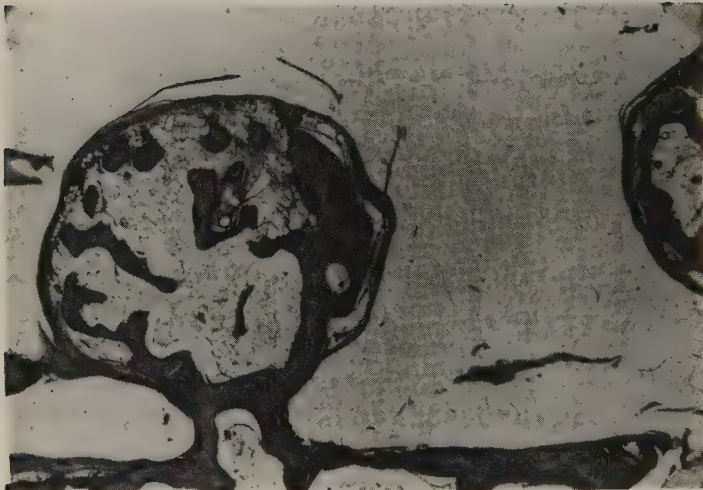


Abbildung 23

Ausschnittvergrößerung aus Abb. 22, mittleres Kreissegment (Rechteck 2; von einem Parallelpräparat; seitenverkehrt reproduziert). Im Bereich des Isthmus und des Implantatfußes scheint nur eine sehr dünne Bindegewebekapsel oder direkter Knochenkontakt des Implantates zu bestehen. Das Kreissegment ist von weitmaschiger Spongiosa mit Fettmark ausgefüllt. Bei 11 und 13 Uhr zwei entzündliche Lymphocytinfiltratate (s. auch Abb. 24). Vergrößerung 17:1. Färbung: H.E.

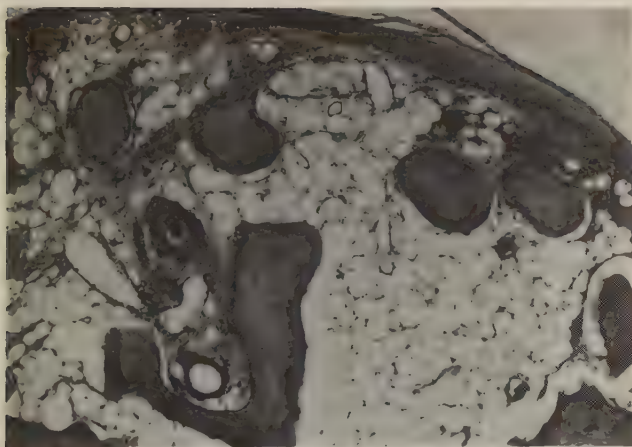


Abbildung 24
Ausschnittvergrößerung aus dem mittleren Kreis-
segment der Abbildung 23. Oben links und rechts
im Bild lymphocytäre Zellinfiltrate. Vergröße-
rung 60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)

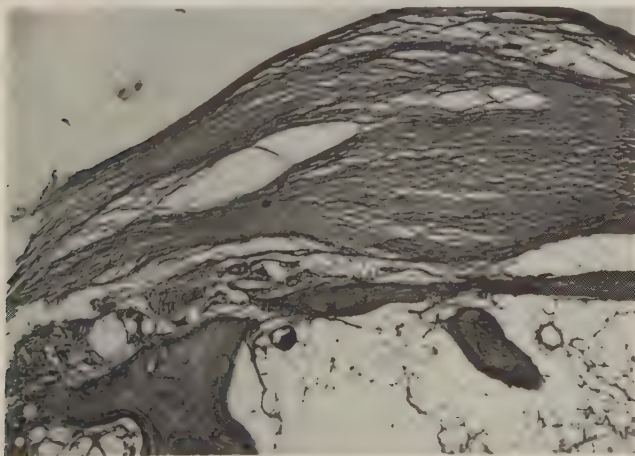


Abbildung 25
Ausschnittvergrößerung aus Abb. 22, linkes
Kreissegment (Kasten 1; von einem Parallelprä-
parat). Halbmondförmiges Bindegewebepolster auf
einer dünnen Knochenlamelle; darunter weitma-
schige Spongiosa mit Fettmark. Vergrößerung
60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)

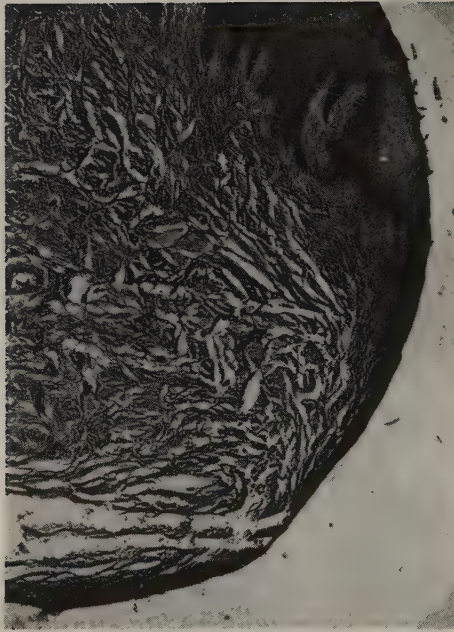


Abbildung 26
Ausschnittvergrößerung aus Abb. 22, Stiftdurch-
tritt (Rechteck 3). Tiefengewuchertes Taschen-
epithel, geringgradige Entzündungsreaktion.
Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)

Histologischer Befund Tier Nr. 70, Unterkiefer
rechts (Abb. 27)

Blattimplantat E 6 S, Intermediärimplantat, Lie-
gezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsstelle

Das Mundschleimhautepithel erscheint bis auf
atrophische Bezirke (Zeichen einer abgelaufenen
Entzündung?) normal. Orthokeratose; keine Akan-
those. Im Durchtrittsbereich des Pfeilers ge-
mischtzellige, überwiegend lymphocytäre, ent-
zündliche Infiltrate. Das dem Implantat direkt
anliegende Taschenepithel, das nur auf der
rechten Seite zu beurteilen ist, zeigt keine
Proliferationstendenz.

2) Lagergewebe zwischen Submucosa und Implan-
tatschulter

Beide Klingenschultern sind mit einer Lage spon-
giösen, lamellären Knochens überbaut, der beid-
seits bis an den Implantathals heranreicht und
links eine großwabige, rechts eine kompaktere
Struktur aufweist.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente

Die Bindegewebekapsel, welche das mittlere
Kreissegment auskleidet, besteht aus einem
kernarmen, kollagenreichen Fasergewebe. Die Fa-
sern sind gerade in den oberen Anteilen ver-
dichtet. Sie verlaufen vorwiegend parallel zur
Implantatgrenze. Die Bindegewebekapsel ist mit et-
wa 0,1 bis 0,2 mm vergleichsweise dünn ausge-
prägt. Vereinzelt finden sich lymphocytäre
Zellinfiltrate. Der zentrale Anteil des Kreis-
segments ist mit lamellärem, spongiösen Kno-
chen ausgefüllt, dessen weitmaschiges Trabekel-
werk Fettmark enthält. Im Knochen finden sich

kaum Anzeichen für eine Entzündungsreaktion. Die Beschaffenheit des Lagergewebes im linken Kreissegment entspricht weitgehend der im mittleren Kreisausschnitt. Im lateralen Anteil des Kreissegments fällt ein Bezirk auf, in dem die oberflächenparallelen, komprimierten Bindegewebefasern verschwinden, um von senkrecht zum Implantat gerichteten, also quergetroffenen Faserzügen und eingestreuten Gefäßen abgelöst zu werden. An dieses schmale Band schließt sich mit Osteoklastensäumen besetzter Faserknochen an, wobei es den Anschein hat, daß die Hartschubstanz den Bindegewebefasern folgend sich in Richtung Implantat aufbaut (Abb. 28).

Im rechten Kreissegment imponiert spongiöslamellärer Knochen, der im Bereich des mittleren Implantatfußes und der rechten Implantatschulter von Bindegewebeplatten umgeben ist, die vermutlich der schräg angeschnittenen periimplantären Bindegewebekapsel entsprechen. Die Implantatfortsätze ruhen auf einer 4 bis 5 Zellagen starken bindegewebigen Faserschicht, die deutlich komprimiert aussieht. Kaudal davon liegt lockeres, kapillar- und gefäßreiches Bindegewebe (Endost); anschließend leitet ein spongiöser Knochenbezirk zum massiven Kompaktknochen über.

Die Faserzüge der periimplantären Bindegewebekapsel strahlen nicht derart in den Knochen ein, daß sie etwa mit Sharpey'schen Fasern zu vergleichen wären; vielmehr erscheinen die erkennbaren Befestigungspunkte zwischen Bindegewebe und Knochen ungeordnet und regellos.

Im Knochen des übrigen Lagergewebes finden sich

kaum Anzeichen für eine Entzündung.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 2,2 mm

Links im Schnittbild: - (nicht meßbar)

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen-
sondierung:

Buccal 3 mm, lingual 3 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,1 mm

Oberrand Kreissegment: 0,1 mm

Implantatbasis: 0,2 mm

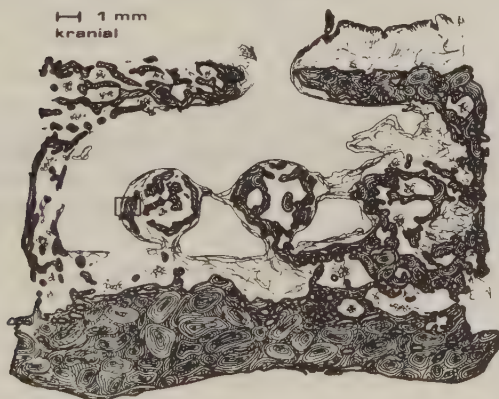


Abbildung 27

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplanta-
tes am Hund 70, Unterkiefer rechts. Erläuterung
siehe Text. Das Rechteck entspricht der Abb. 28.
Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

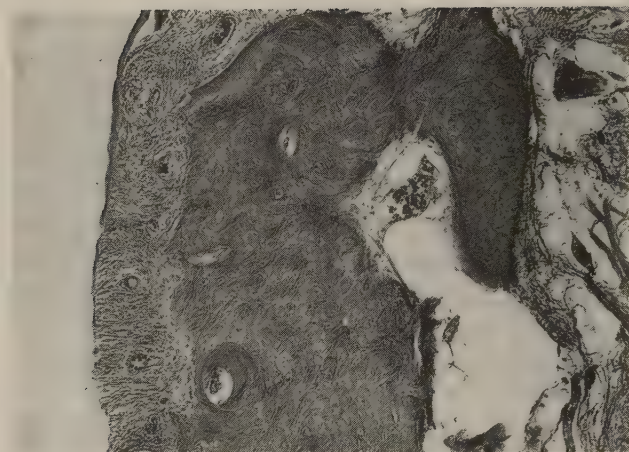


Abbildung 28

Ausschnittvergrößerung aus der Abb. 27, linkes Kreissegment (Kasten). Die oberflächenparallelen, komprimierten Bindegewebsfasern verschwinden, um von senkrecht zum Implantat gerichteten Faserzügen mit eingestreuten Gefäßen abgelöst zu werden. Anschließend rechts Osteoklastensäure und Faserknochen.

Vergrößerung: 120:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier Nr. 1625, Unterkiefer rechts (Abb. 29 und 30)

Blattimplantat L 4 S, ungeschient. Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die pfeilerferne Mundschleimhaut bietet einen normalen Befund. Beidseits in unmittelbarer Nähe zum Pfeiler, findet sich eine zirkumskripte, akute granulocytäre Entzündung, die sich im Bereich der beiden mittleren Kreissegmente in die Tiefe fortsetzt (Abb. 30 und 31).

In dem Parallelpräparat (Schnittebene trifft das Taschenepithel quer, so daß keine Kontinuitätstrennung des Epithels im Pfeilerbezirk mehr vorhanden ist) zeigt das Taschenepithel eine deutliche Proliferationstendenz in die Tiefe (Taschentiefe hier etwa 1,9 mm).

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern
Zwischen der Submucosa und der rechten Implantatschulter findet sich kein Knochen, dagegen sind über der linken Implantatschulter mehrere kleine Inseln von geflechtartigem Knochen zu erkennen.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente
Die periimplantäre Bindegewebekapsel, die das linke Kreissegment umhüllt, ist im oralen Abschnitt halbmondförmig verdickt, wobei die Faseranteile parallel zur Implantatbegrenzung ausgerichtet sind. Die Bindegewebekapsel ist auffallend strukturiert: Die implantatnahe Schicht wird von einem zellarmen, faserreichen Gewebe gebildet, das zum Knochen in ein lockeres, zell-, gefäß- und kapillarreiches Bindegewebe (Endost) übergeht. Das Bindegewebe ist hier fast

frei von Entzündungszellen (Abb. 32). Der zentrale Bereich des linken Kreissegmentes ist mit lamellär gebautem, spongiösem Knochenregenerat ausgefüllt, das sich im Isthmus zwischen den Implantatfortsätzen kontinuierlich an den Lagerknochen anschließt.

Im zweiten Kreissegment von links erkennt man ebenfalls oral die halbmondförmige Verdickung der periimplantären Bindegewebekapsel, sowie zentral des lamellär-spongiöse Knochenregenerat. Die halbmondförmige verdickte Zone der Bindegewebemembran scheint etwas zur Pfeilerregion hin verdreht, so daß dieser Abschnitt etwa von 11 Uhr bis 17 Uhr reicht. Hier finden sich zahlreiche granulocytäre - lymphocytäre Zellinfiltrate. Offensichtlich hat die vom Pfeilerdurchtritt ausgehende Entzündung auf diesen Kapselabschnitt übergegriffen.

Im dritten Kreissegment von links erscheint die halbmondförmige Verdickung der periimplantären Bindegewebekapsel symmetrisch zu der des zweiten Kreissegmentes zum Implantatpfeiler hin orientiert (sie reicht etwa von 8 bis 13 Uhr). Dieser Bezirk ist ebenfalls stark mit Granulocyten und Lymphocyten durchsetzt (Abb. 31). Zentralwärts schließt sich an die Bindegewebehülle lamellär-spongiöser Knochen an, der in den Randzonen unregelmäßig begrenzte Lakunen mit granulocytären und lymphocytären Elementen, sowie Makrophagen enthält (Umbaubereiche).

4) Lagergewebe im restlichen Bereich der Endostruktur

Das Lager unter den Implantatfortsätzen ist

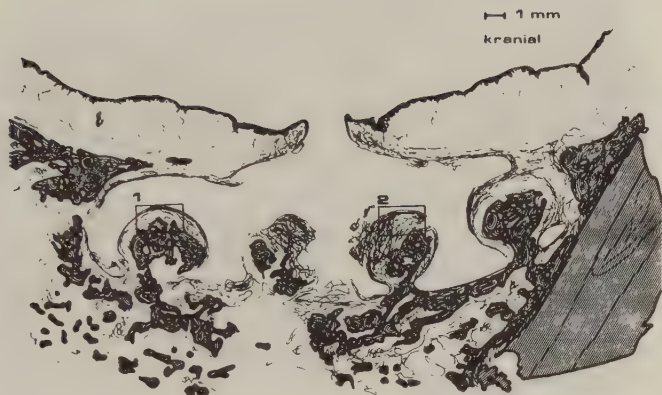


Abbildung 29

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 1625, Unterkiefer rechts. Erläuterung siehe Text. Die Ausschnitte entsprechen den Abb. 31 und 32 (Vergrößerung vom Parallelpräparat). Wurzel des Caninus rechts schraffiert. Vergleiche die photographische Übersichtsaufnahme der Abb. 30.

Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

durch eine auffällig geschichtete Bindegewebe-membran gekennzeichnet. Sie weist implantatnah ein faserreiches, oberflächenparallel ausgerichtetes Bindegewebe, anschließend lockeres, blutgefäßreiches Gewebe auf, das dem Endost entsprechen könnte. Dann folgt lamellär-spongiöser Knochen, an dessen Grenzlinie sich z.T. dichte Zellreihen und schmale Abbauzonen finden.

Im rechten Teil des Präparates ist ein Zahn angeschnitten, dessen Halteapparat und Hartgewebe einen unauffälligen Befund bieten.

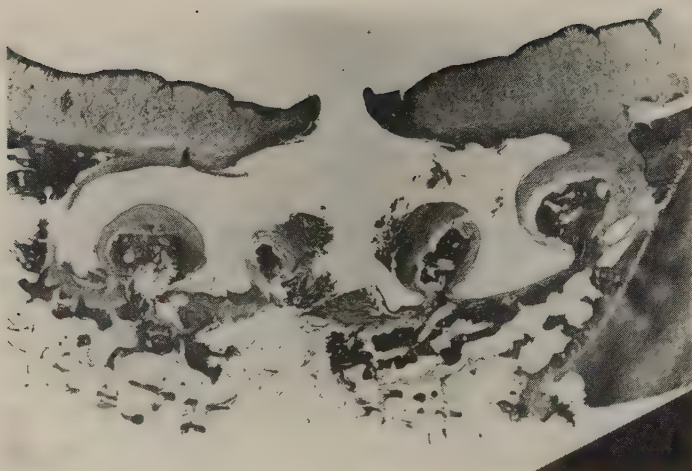


Abbildung 30

Photographische Übersichtsaufnahme entsprechend der Lupenskizze der Abb. 29. Deutliche entzündliche Zellinfiltration beidseits vom Stiftdurchtritt und in den mittleren Kriessegmenten. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

5) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 1,4 mm

Links im Schnittbild: 1,9 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen-sondierung:

Buccal 8 mm, lingual 8 mm

6) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,9 mm

Oberrand Kriessegment: 0,5 mm

Implantatbasis: 0,6 mm



Abbildung 31

Ausschnittvergrößerung aus der Abb. 29 (Kasten 2, vom Parallelpräparat). Deutliche gemischt-zellige, granulocytäre und lymphocytäre Durchsetzung des halbmondförmig verdickten Kapselgewebes. Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

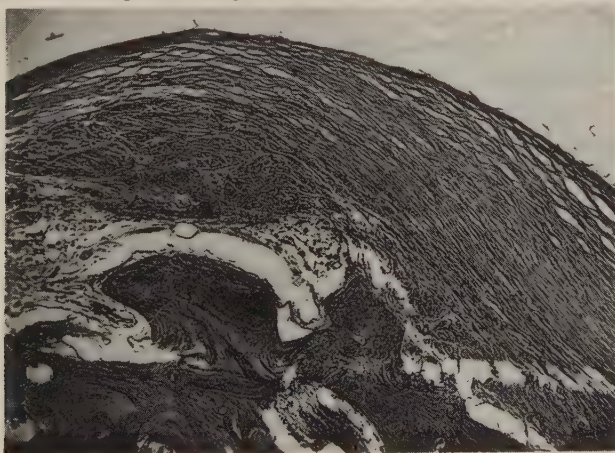


Abbildung 32

Ausschnittvergrößerung aus der Abb. 29 (Kasten 1, vom Parallelpräparat). Halbmondförmige Verdickung der relativ zellarmen Bindegewebsmembran; geringe Entzündungszeichen. Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier Nr. 1625, Oberkiefer links (Abb. 33)

Blattimplantat E 6 S, Intermediärimplantat, Sinuseröffnung, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsstelle

Die Mundschleimhaut bietet ein normales Bild; Orthokeratose; keine Akanthose; keine Zellatypien. Subepithelial und - im Bereich der Tasche auch intraepithelial - findet sich beidseits an der Pfeilerdurchtrittsstelle eine diffuse, leukocytaire, entzündliche Infiltration. Das mehrgeschichtete Plattenepithel der Umschlagzone am Pfeiler ist beidseits an den Implantatschultern in die Tiefe gewuchert.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Über der rechten und linken Implantatschulter befinden sich in Bindegewebe eingebettet mehrere kleine, zusammenhanglose Knochenpartikel.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente

Deutlich abgrenzbar ist in der getroffenen Schnittebene nur das rechte Kreissegment. Dessen periimplantäre Bindegewebekapsel ist nach oral halbmondförmig verdickt. Sie ist gleichmäßig gemischtzellig, entzündlich infiltriert. Das lamellär-spongiöse Knochenregenerat im Zentrum weist Abbauzonen mit unregelmäßig gezackter Begrenzungslinie auf, ähnlich wie das noch erkennbare Knochenregenerat des mittleren Kreissegmentes.

Das linke und mittlere Kreissegment lassen sich nicht eindeutig abgrenzen, da die periimplantäre Bindegewebehülle der Implantatfortsätze längs als breite Platte getroffen wurde.

In einem umschriebenen Bereich, vermutlich in direktem Kontakt zum Implantat findet sich ein entzündlich infiltrierte, hochprismatisches Epithel, das gangartig eingestülpt ist. Wahrscheinlich handelt es sich um Sinusepithel, das als Folge der Implantation in die Kieferhöhle tiefengewuchert und im Sinne einer akuten, eitrigen Sinusitis entzündlich verändert ist.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 2,9 mm

Links im Schnittbild: 4,5 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschensondierung:

Buccal 3 mm, palatinal 5 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 1,4 mm

Oberrand Kreissegment: 0,6 mm

Implantatbasis: - (nicht in der Schnittebene enthalten)



Abbildung 33

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 1625, Oberkiefer links. Erläuterung siehe Text. Über dem mittleren und linken Kreissegment ist prismatisches Sinusepithel schematisch angedeutet: Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier Nr. 1625, Unterkiefer links (Abb. 34 und 35)

Blattimplantat L 4 S, Freundimplantat, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsstelle

Die pfeilerferne Mundschleimhaut weist eine normale Struktur auf. Orthokeratose. Keine Zellatypien. Das Epithel der Umschlagzone erscheint an der linken Pfeilerseite atrophisch; subepitheliale entzündliche Zellinfiltrate beschränken sich auf den unmittelbaren Pfeilerbereich.

Links kaum, rechts deutliche Proliferationstendenz des Epithels in die Tiefe. Das Taschenepithel rechts zeigt auch noch nach dem Umschlag in die Tiefe noch Papillen (Abb. 41).

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Der lamellär-spongiöse Lagerknochen reicht beiderseits bis auf die Höhe der Implantatschultern; dann schließt sich das submucöse Bindegewebe an.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente

Alle vier Perforationen und Isthmen zwischen den Implantatfortsätzen sind knöchern durchwachsen von einem lamellär-spongiösen Knochen. Dieser ist nach außen von einer dünnen Knochenlamelle begrenzt, die größtenteils der Implantatkontur ziemlich genau folgt. Nach kaudal schließen sich weitmaschige, fettmarkhaltige Spongiosaräume an. Die periimplantäre Bindegewebekapsel weist eine Stärke von etwa 0,2 bis 1,2 mm auf. Zum Teil ist sie in den oralen Anteilen der Kreisausschnitte halbmondförmig verdickt und zeigt eine klare Schichtung: Die

implantatnahen Bezirke erscheinen faserreich, zellarm und mit einer oberflächenparallelen Ausrichtung der Bindegewebefasern. Dann folgt eine lockere, gefäß- und zellreiche Gewebelage, die dem Endost entsprechen dürfte; anschließend die glatt begrenzte Knochenlamelle, die aus langen Osteonenzügen besteht und die zentral gelegene Spongiosa begrenzt. Bei der vorliegenden Schnittrichtung verlaufen die äußeren Knochenlamellen zumeist schrägwinklig zur bindegewebigen Membran, gelegentlich auch rechtwinklig, wobei zahlreiche Bindegewebezüge aus dem Knochen pinselförmig ausstrahlend in die Bindegewebekapsel einmünden (Abb. 36, 38 und 39).

Quergetroffene Faserbündel stellen sich in den Kreissegmenten besonders in Höhe von 9 Uhr und 15 Uhr dar. Hier ist auch die Schichtdicke der Membran oft geringer, so daß der Knochen durch die senkrecht zur Implantatoberfläche hinziehenden Fasern wie zum Implantat "hingezogen" erscheint (Abb. 36, 37 und 40). Will man die räumliche Anordnung dieser quergetroffenen Bündel rekonstruieren, so ist zu vermuten, daß diese Fasern zirkulär um die Implantatfortsätze laufen.

Zur Basis der Implantatfüße hin erscheint die Bindegewebemembran verdickt und zum Teil spitzwinklig zum Lumen auslaufend (Abb. 35). Hier ist wegen der Querprofilierung der Implantatseitenfläche die Bindegewebehülle längs geschnitten worden.

An allen fünf Implantatfortsätzen fällt auf, daß zwischen der dünnen Innencorticalis und Im-

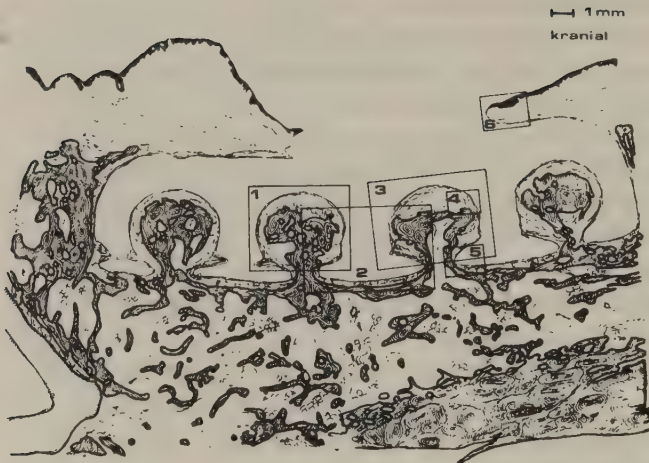


Abbildung 34

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 1625, Unterkiefer links. Erläuterung siehe Text. Die Wurzel des Caninus links ist schraffiert. Vergleiche die photographische Übersichtsaufnahme der Abb. 35. Die Kästen geben die Lage der Ausschnittsvergrößerungen der Abbildungen 36, 37, 38, 39, 40 und 41. an. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

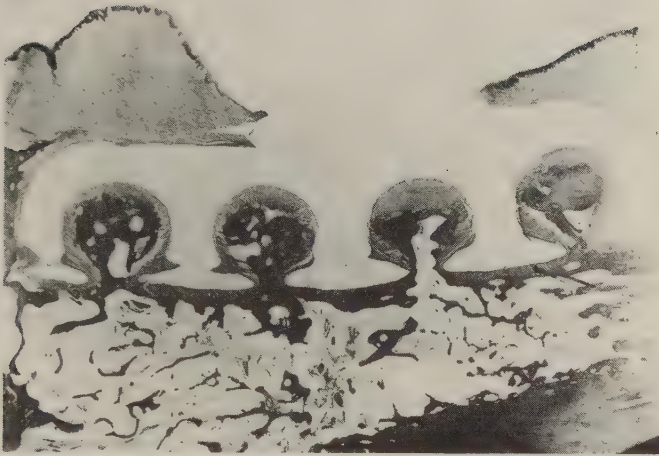


Abbildung 35

Photographische Übersichtsaufnahme entsprechend der Abb. 34. Das Implantat ist von einer kontinuierlichen Knochenlamelle umgeben, der nach kaudal weitmaschige Spongiosa folgt. Bindegewebepolster in den Kreissegmenten.
Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

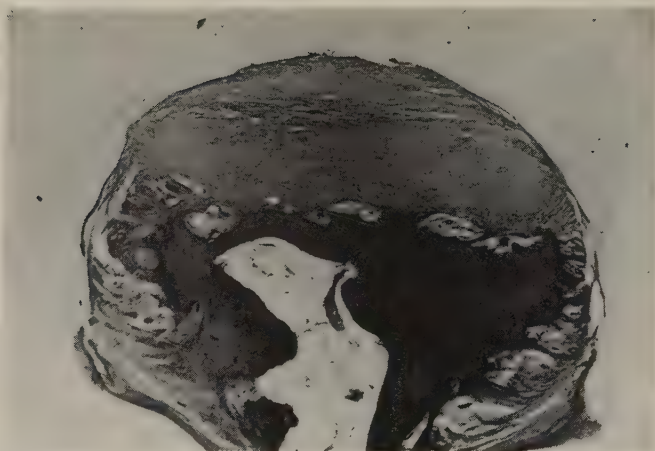


Abbildung 36. Ausschnitt aus der Abb. 34, 2. Kreissegment von rechts (Kasten 3, seitenverkehrt reproduziert). Die Bindegewebemembran ist halbmondförmig verdickt. Bei 9 und 15 Uhr ist die Kapsel relativ dünn; oberflächenparallele Fasern sind durch solche abgelöst, die annähernd senkrecht zur Implantatoberfläche laufen. Sie inserieren pinselförmig an zahnartigen Vorsprüngen des Knochens. Vergrößerung 25:1. Färbung:H.E.

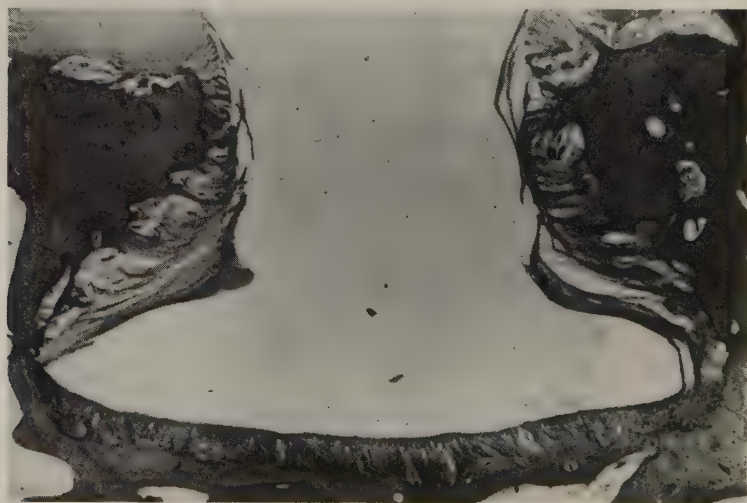


Abbildung 37. Ausschnitt aus der Abb. 34, Lumen des mittleren Implantatfußes (Kasten 2, seitenverkehrt). Senkrecht zur Implantatoberfläche gerichtete, kurze Bindegewebsfasern mit eingestreuten Blutgefäßen. Vergrößerung 25:1. Färb.:H.E.

plantat zahlreiche Bindegewebefasern quergetroffen sind, also in der vorliegenden Schnittrichtung nicht oberflächenparallel verlaufen (Abb. 37 und 39).

4) Übrige Bereiche des Lagergewebes

Links im Präparat ist eine Zahnwurzel angeschnitten, deren Hartgewebe und Desmodontium ein unauffälliges Bild zeigen.

5) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 0,8 mm

Links im Schnittbild: 1,5 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen-
sondierung:

Buccal 2 mm, lingual 1,5 mm

6) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,5 mm

Oberrand Kreissegment: 0,4 mm

Implantatbasis: 0,4 mm

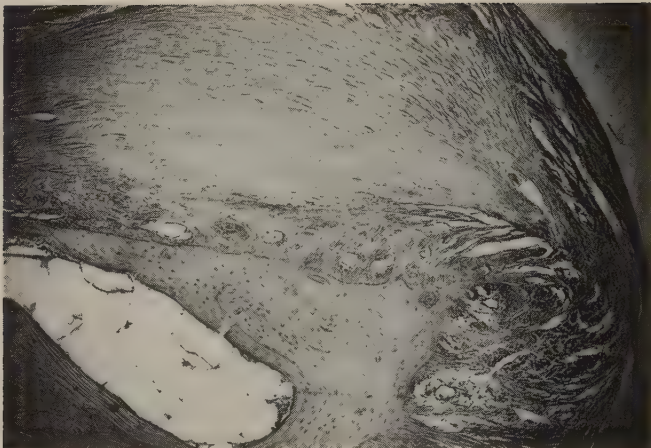


Abbildung 38. Abschnitt aus der Abb. 34, 2. Kreissegment von rechts (Kasten 4, von einem Parallelpräparat). Stärkere Vergrößerung des Bindegewebepolsters, das vom Lamellenknochen durch eine zell-blutgefäßreiche Zwischenschicht getrennt ist. Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

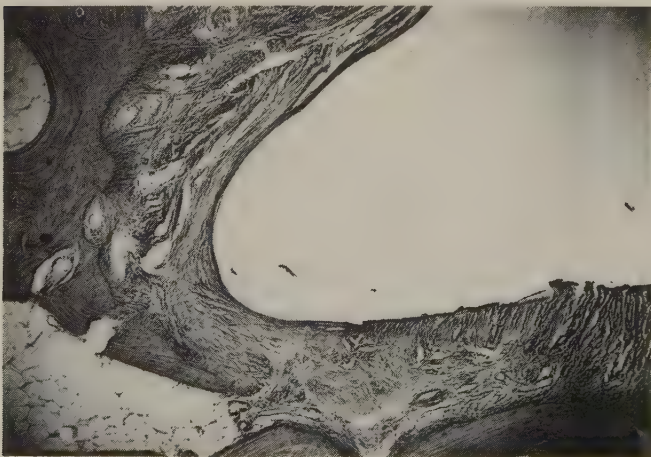


Abbildung 39. Ausschnitt aus der Abb. 34, 2. Isthmus von rechts (Kasten 5, von einem Parallelpräparat). Die Bindegewebefasern unter dem Implantatfuß verlaufen senkrecht zur Metalloberfläche, dazwischen zahlreiche kleine Blutgefäße und Kapillaren. Links inserieren pinselförmig an Vorsprüngen des Faser- und Lamellenknochens Faserzüge der periimplantären Bindegewebehülle. Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

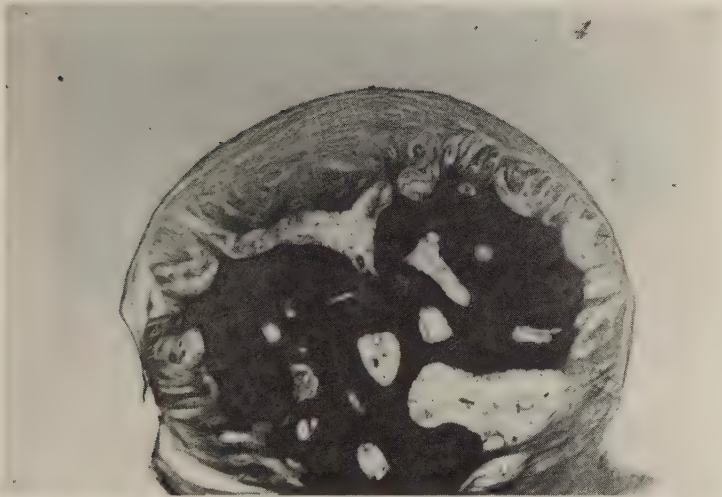


Abbildung 40

Ausschnitt aus der Abb. 34, zweites Kreissegment von links (Kasten 1, seitenverkehrt). Auffallend ist der variable Verlauf der Fasern in der periimplantären Bindegewebehülle: Oral oberflächenparallele Fasern, bei 9 und 15 Uhr ist diese Lage hauchdünn und es überwiegen annähernd senkrecht zur Implantatoberfläche gerichtete Faserbündel.

Vergrößerung 25:1. Färbung: H.E.

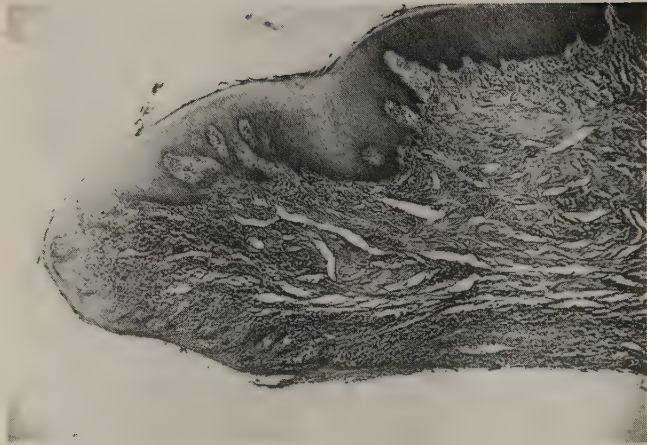


Abbildung 41

Ausschnitt aus der Abb. 34, Pfeilerdurchtritt rechts (Kasten 6, von einem Parallelpräparat). Subepitheliale, gemischtzellige, entzündliche Infiltration im Pfeilerbereich. Auch nach dem Umschlag in die Tiefe zeigt das proliferierende Taschenepithel noch Papillen. Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier 1785, Unterkiefer
rechts (Abb. 42 und 43)

Blattimplantat E 8 S, Freiendimplantat, Liege-
zeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Orthokeratose der Mundschleimhaut. Keine Zell-
atypie, Intra- und subepithelial finden sich
gemischtzellige und vermehrt leukocytaire Zell-
infiltrate, die auf eine akute Gingivitis hin-
weisen. Am periimplantären Taschenepithel ist
eine Proliferationstendenz nicht erkennbar,
da die Epithelstruktur von der Entzündungsreak-
tion überlagert wird. Das subepitheliale Binde-
gewebe ist ebenfalls entzündlich infiltriert
(Abb. 44).

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschul-
tern

Oberhalb der Implantatschultern liegt lamellär-
spongiös gebauter Knochen, der beidseits bis
an den Implantathals heranreicht. Das submucö-
se Bindegewebe enthält ein entzündliches Zell-
infiltrat, sonst ist der oberflächliche Kno-
chen entzündungsfrei.

Eine periimplantäre Bindegewebekapsel stellt
sich im Schulterbereich nicht dar, der Knochen
scheint dem Implantat direkt anzuliegen
(Abb. 43).

Im Bereich oberhalb der linken Implantatschul-
ter ist eine Zahnwurzel angeschnitten.

3) Lagergewebe im Bereich der Implantatperfo-
rationen

Die periimplantäre Bindegewebekapsel der rech-
ten Implantataussparung ist wahrscheinlich bei
der histologischen Aufbereitung ausgefallen.

Der verbliebene Geflechtknochen ist frei von Entzündungszeichen.

In der linken Implantatperforation findet sich als Kontaktgewebe zum Implantat eine wechselnd starke Bindegewebekapsel. Der verdickte kraniale Anteil zeigt oberflächenparallele Fasern, darunter quergetroffene Faserbündel. Es folgen, von lockerem Bindegewebe umgeben, einzelne Faserknocheninseln. Geringe entzündliche Zellinfiltration.

Im kranialen Anteil der geschlossenen, ovalen Implantatperforation fehlt die Bindegewebekapsel (Abb. 43). Sie ist bei der histologischen Präparation wahrscheinlich nicht ausgefallen, weil der neu gebildete Knochen formgerecht der Implantatkontur ohne Stufenbildung folgt. Im Zentrum liegt vorwiegend geflechtartiger Knochen, dessen Maschenwerk zum Teil mit Fettmark ausgefüllt ist. Den kaudalen Anteil der längsovalen Implantatperforation begrenzt ein schmaler, oberflächenparalleler Bindegewebestreifen, der nach rechts in ein Knochenband übergeht, so als ob das Bindegewebe verknöchert wäre (Abb. 45).

Seitlich unterhalb des rechten Implantatfortsatzes ist vermutlich eine perineurale Scheide längs geschnitten.

Die drei Implantatfortsätze ruhen - durch ein ca. 0,5 mm starkes Bindegewebepolster getrennt - auf der Kompaktknochenleiste des Unterkiefers.

Rechts im Bild ist eine Zahnwurzel angeschnitten.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 4 mm

Links im Schnittbild: 2,7 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Ta-
schensondierung:

Buccal 2 mm, lingual 2 mm

5) Stärke der Bindegewebe kapsel

Implantatschulter: 0 mm

Unterrand der längsovalen Perforation: 0,1 mm

Oberrand der basal offenen Perforation: 0,3 mm

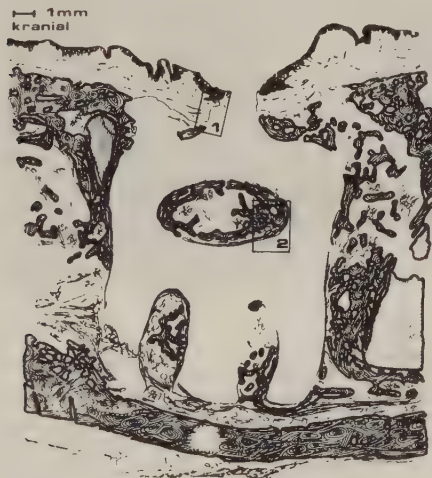


Abbildung 42

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplan-
tates am Hund 1785, Unterkiefer rechts. Er-
läuterung siehe Text. Zahnwurzeln schraffiert.
Die Kästen geben die Lage der Abb. 44 und 45
an. Vergleiche auch Abb. 43.

Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.



Abbildung 43

Photographische Übersichtsaufnahme entsprechend der Abb. 42 (seitenverkehrt). Anscheinend direkter Kontakt Implantat/Knochen im Bereich der Schultern und der Perforation. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.



Abbildung 44

Ausschnitt aus Abbildung 42, Pfeilerdurchtritt links (Kasten 1, von einem Parallelpräparat). Starke leucozytäre, entzündliche Infiltration intra- und subepithelial. Der lamelläre Knochen ist bis zum Pfeilerhals regeneriert und scheint hier in direktem Kontakt zum Implantat zu stehen.

Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

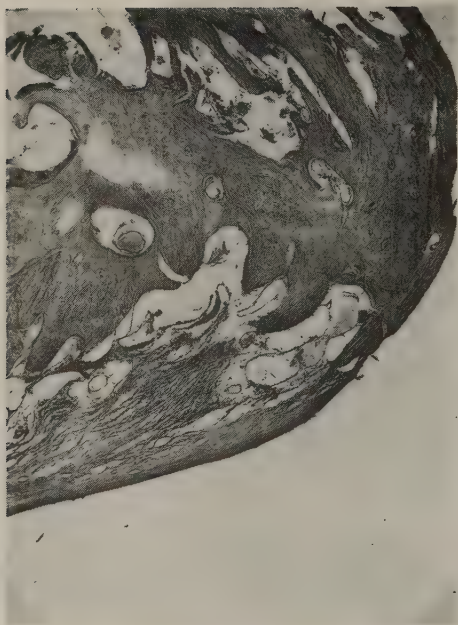


Abbildung 45

Ausschnitt aus Abb. 42, geschlossene Perforation (Kasten 2). Die periimplantäre Bindegewebehülle wird unten rechts im Bild von einem Band aus Faserknochen abgelöst, das direkt das Implantat zu berühren scheint.

Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier Nr. 1785, Unterkiefer links (Abb. 46)

Blattimplantat L 4 S, Freiendimplantat, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Orthokeratose der Mundschleimhaut. Keine Akanthose oder Zellatypien. Keine Epitheltiefenwucherung. Im Bereich des Pfeilerdurchtritts entzündliche, vorwiegend granulocytäre Zellinfiltrate.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Kranial der rechten wie der linken Klingenschulter findet sich spongiöser Knochen, der besonders über der rechten Implantatschulter mit seinem engen Maschenwerk einen solideren Aufbau als die Spongiosa im übrigen Lagerbereich aufweist. Die periimplantäre Bindegewebehülle im Bereich der linken Implantatschulter könnte ausgefallen sein. Wegen der genauen Formkongruenz zum Implantat könnte aber auch direkter Knochenkontakt zum Metall bestanden haben. Rechts verläuft zwischen Implantat Hals und Alveolarknochen ein kräftiger Bindegewebestrang, dessen Fasern parallel zur Implantatgrenze angeordnet sind.

3) Lagergewebe im Bereich der Implantatperforationen

In der Schnittebene sind nur drei Kreissegmente erkennbar getroffen; das rechte ist ab dem mittleren Implantatfortsatz durch eine massive, von der Submucosa bis zum unteren Bildrand reichende spongiös-lamelläre Knochenwand überdeckt. Während die weitmaschigen, spongiös-la-

mellären Knochenstrukturen des linken Kreissegmentes vermutlich bei der histologischen Aufbereitung deformiert wurden - worauf auch abgerissene Bindegewebefetzen deuten - erscheint das zweite Kreissegment von links einigermaßen gut abgegrenzt. Auch hier weitmaschiges, spongiöses-lamelläres Knochenregenerat, das kranial genau der runden Implantatform folgt.

Die periimplantäre Bindegewebekapsel ist über weite Stellen nicht sichtbar, vermutlich bei der Herauslösung am Implantat haften geblieben. Wegen der formgetreuen Wiedergabe des Implantatverlaufes ohne eine Stufenbildung ist die Kapsel wahrscheinlich sehr dünn gewesen, wenn nicht sogar der Knochen in direktem Kontakt zum Implantat stand.

Über einem kurzen Abschnitt am mittleren Implantatfuß stellt sich die Bindegewebemembran dar und hat hier eine Stärke von ca. 0,2 mm.

Die erhaltene periimplantäre Bindegewebemembran weist die wiederholt beschriebene Schichtung in eine implantatnahe, komprimierte, faserreiche und eine implantatferne, lockere, zell- und gefäßreiche Bindegewebelage auf. In der Tiefe keine Anzeichen für eine Entzündung.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 3 mm

Links im Schnittbild: 0,7 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen Sondierung:

Buccal 1,5 mm, lingual 1,5 mm

5) Stärke der Bindegewebe kapsel

Implantatschulter: 0 mm

Oberrand Kreissegment: 0 mm

Implantatbasis: 0,2 mm



Abbildung 46

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 1785, Unterkiefer links. Erläuterung siehe Text. Die Wurzel des Caninus ist schraffiert.

Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

Mistologischer Befund Tier Nr. 1785, Oberkiefer rechts (Abb. 47 und 48)

Blattimplantat L 6 D, Freidendimplantat, Sinuseröffnung, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die Mundschleimhaut auf der rechten Seite des Präparates zeigt keine Veränderungen; die Verhornung ist orthokeratotisch. In der Nachbarschaft des rechten Pfeilers ist das Epithel atrophiert, was als Folge abgelaufener Entzündungsvorgänge gedeutet werden kann. Jetzt aber keine auffällige, entzündliche Infiltration.

Das um den linken Pfeiler gelegene Epithel weist intra- und subepithelial massive granulocytäre, entzündliche Infiltrate auf. Verfolgt man an der Umschlagstelle des "Saumepithels" in die Tiefe, zeigt sich ein langes schmales Band aus Epithelzellen, was für eine Proliferationstendenz spricht (Abb. 49, 50 und 51).

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Oral der linken Implantatschulter liegt lamellär-spongiöser Knochen, ebenso auch über dem Verbindungssteg zwischen den beiden Implantatpfeilern und über der rechten Implantatschulter. Am rechten Implantatpfeiler ist der Knochen bis an den Implantathals regeneriert und bildet mit einer Art Innencorticalis die Implantatform in dieser Region nach (Abb. 48).

Im Bereich der linken Implantatschulter ist Sinusepithel und submucöses Drüsengewebe oralwärts in Richtung auf das tiefengewucherte Taschenepithel des linken Pfeilers proliferiert (Abb. 52). Es hat allein von der zurück-

gelegten Wegstrecke her den Anschein, daß das Sinusepithel eine wesentlich stärkere Proliferationstendenz als die Mundschleimhaut besitzt.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente
Von den vier Implantatperforationen sind nur die beiden mittleren genauer auszumachen. In dem erkennbaren linken Kreisausschnitt befindet sich lamellärer, spongiöser Knochen, Drüsengewebe, Kieferhöhlenschleimhaut und - nur teilweise erhalten - eine dünne periimplantäre Bindegewebehülle. Dort, wo die mittleren Implantatfortsätze zu denken sind, ist eine Bindegewebeplatte dargestellt, die als längsgeschnittener Anteil der periimplantären Bindegewebekapsel aufzufassen ist.

Nach kranial zeigt sich eine dünne lamelläre Corticalis, der neben Drüsengewebe Kieferhöhlenschleimhaut mit Flimmerepithel aufliegt. Die Sinusschleimhaut ist geringgradig von vereinzelt zirkumskripten lymphocytären Zellinfiltraten durchsetzt: Chronische, polypöse Sinusitis.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 2,8 mm

Links im Schnittbild: 3,5 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen-
sondierung:

Buccal 2 mm, palatinal 3 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Zwischensteg: 0,2 mm

Oberrand Kreissegment: 0,1 mm

Implantatbasis: - (nicht meßbar)

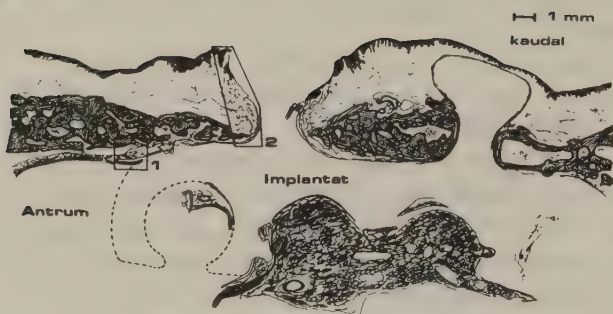


Abbildung 47

Lupenskizze vom Lagergewebe des Blattimplantates am Hund 1785, Oberkiefer rechts. Erläuterung siehe Text. Links im Bild (linker Kasten) ist prismatisches Sinusepithel schematisch angedeutet. Die Kästen geben die Lage der Abb. 49, 50, 51 und 52 wieder. Die in das Antrum ragende Implantatkontur ist gestrichelt. Vergleiche auch Abb. 48. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

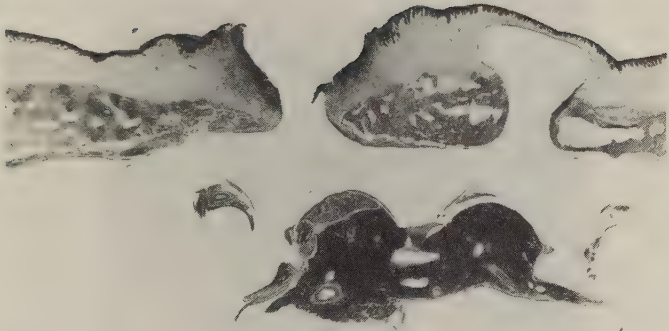


Abbildung 48

Photographische Übersichtsaufnahme entsprechend der Abb. 47. Die Kreissegmente sind vorwiegend mit Drüsengewebe der proliferierten Sinus-schleimhaut ausgefüllt. Der Bereich um den linken Stiftdurchtritt ist im Gegensatz zum rechten deutlich entzündlich infiltriert. Anscheinend direkter Knochenkontakt des Implantates im Bereich des rechten Pfeilers.
Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.



Abbildung 49

Ausschnitt aus der Abbildung 47 vom Pfeilerbereich links (Kasten 2, von einem Parallelpräparat). Umschlagstelle der Mundschleimhaut am Implantatpfeiler mit ausgedehnter Tiefenproliferation des Taschenepithels. Intra- und subepitheliale, entzündliche Zellinfiltration. Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)



Abbildung 50

Ausschnitt aus der Abb. 47 vom Pfeilerbereich links (Kasten 2, von einem Parallelpräparat), Fortsetzung der Abbildung 49. Ausgedehnte Tiefenproliferation, entzündliche Zellinfiltration. Die basalen Papillen des Taschenepithels nehmen ab.

Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)

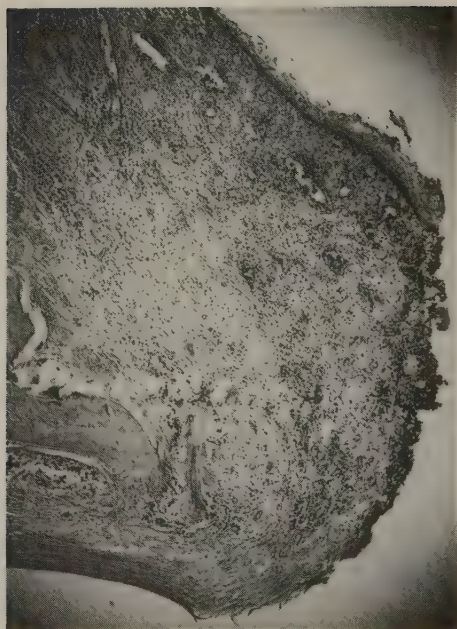


Abbildung 51

Ausschnitt aus der Abb. 47 vom Pfeilerbereich links (Kasten 2, von einem Parallelpräparat), Fortsetzung der Abb. 50.

Das tiefengewucherte Taschenepithel endet im oberen Drittel des Bildes, rechts. Entzündliche Zellinfiltration.

Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)

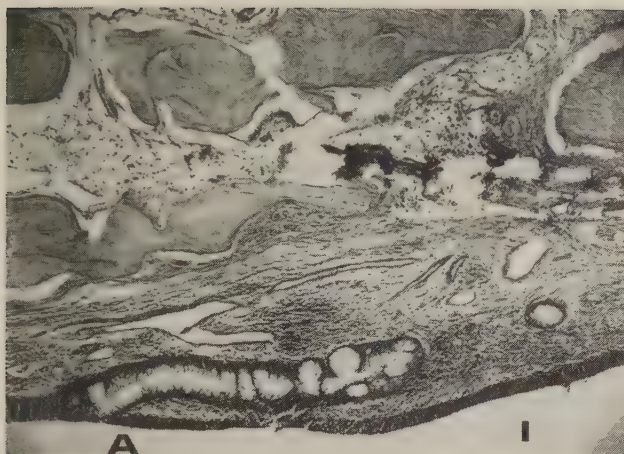


Abbildung 52

Ausschnitt aus Abb. 47 (Kasten 1, von einem Parallelpräparat). Am Implantat entlang gewucherte Sinusschleimhaut mit Schleimdrüsen. Entzündliche Zellinfiltration. A = Antrum, I = Implantatlumen.
Vergrößerung 60:1. Färbung: H.E. (Grünfilter)

Histologischer Befund Tier Nr. 9003, Unterkiefer rechts (Abb. 53)

Blattimplantat E 20 S, Intermediärimplantat, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die Mundschleimhaut ist normal aufgebaut. Orthokeratose. Keine Akanthose. Keine Zellatypien. Im unmittelbaren Pfeilerbereich mäßige subepitheliale, leukocytaire Entzündungsreaktion. Deutliche Epitheltiefenwucherung.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Oral von beiden Klingenschultern reicht dicht an die Halsregion des Implantatpfeilers ein lamellär strukturiertes Knochenregenerat mit relativ weiten, z.T. fettmarkhaltigen Spongiosaräumen. Die periimplantäre Bindegewebshülle ist dort, wo sie einigermaßen rechtwinklig geschnitten wurde, ca. 0,2 bis 0,6 mm stark. Sie ist so aufgebaut, wie es bereits bei den anderen Präparaten zu beobachten war: In unmittelbarer Nähe zum Implantat liegt ein komprimiertes, faserreiches und zellarmes Bindegewebe mit oberflächenparalleler Ausrichtung der Fasern. Anschließend folgt ein zell- und gefäßreiches, lockeres Fasergewebe (Endost). Dieses wird ab und zu von Faserbündeln septiert, die annähernd senkrecht in die kollagenreichere Schicht einstrahlen.

3) Lagergewebe im Bereich der Implantatperforationen (Abb. 54)

Die Perforation, die in diesem Präparat nur im schulternahen Bezirk angeschnitten ist, wird von lamellärem, spongiösem Knochen durchwachsen. Die periimplantäre Bindegewebsschicht enthält eine dünne Lage komprimierter oberflächenparalleler Fasern. Den Spalt zwischen ihr und dem Knochen füllen quergetroffene Faserzüge mit zahlreichen Blutgefäßen aus. Die quergeschnittenen Faserbündel strahlen oft in zahnartige Vorsprünge der Spongiosa ein. In der Tiefe finden sich sowohl in der periimplantären Bindegewebekapsel als auch in den knöchernen Arealen Ansammlungen von Entzündungszellen. Ein besonders massives leukocytäres Infiltrat ist im rechten, bildrandnahen

Bereich der Bindegewebekapsel zu erkennen, die hier besonders breit erscheint und wahrscheinlich längs getroffen ist.

Weiter rechts von ihr stellt sich eine Zahnwurzel dar, die vermutlich bei der operativen Schaffung des Implantatbettes keilförmig angefräst wurde.

4) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 5,1 mm

Links im Schnittbild: 3,4 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen-
sondierung:

Buccal 4 mm, lingual 3 mm

5) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,6 mm

Oberrand Implantatperforation: 0,2 mm

Unterrand Implantatperforation: 0,3 mm

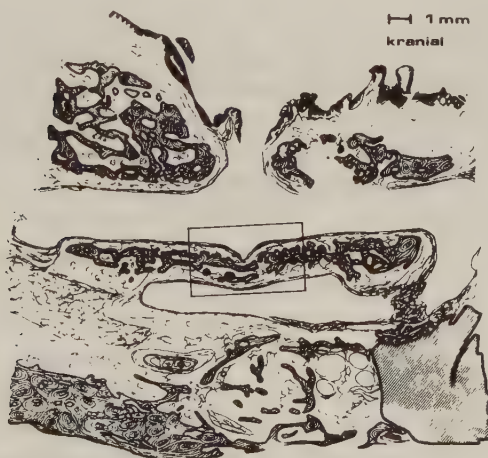


Abbildung 53. Lupenskizze vom Lagergewebe des
Blattimplantates am Hund 9003, Unterkiefer re.
Erläuterung siehe Text. Eine angeschnittene
Zahnwurzel ist schraffiert. Der Ausschnitt gibt
die Lage der Abb. 54 wieder. Vergr.5:1. Färb.H.E.

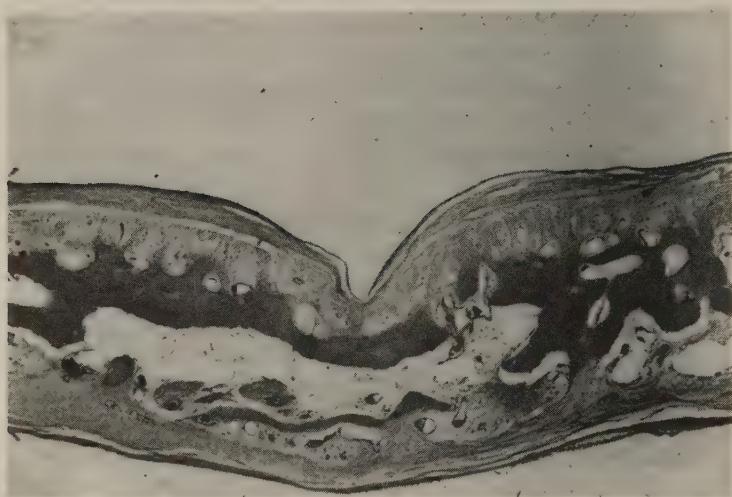


Abbildung 54

Ausschnitt aus Abb. 53. Zweischichtiges peri-implantäres Bindegewebe: Eine Lage oberflächenparalleler Fasern, die über der Implantatkante im Zentrum verdichtet sind, und darunter eine Schicht kurzer Fasern, senkrecht zwischen Knochen und oberer Lage verlaufend mit zahlreichen Blutgefäßen. Die kurzen Fasern strahlen pinselförmig in zahlreiche Knochenvorsprünge ein. Vergrößerung 25:1. Färbung: H.E.

Histologischer Befund Tier Nr. 9003, Oberkiefer links (Abb. 55)

Blattimplantat L 4 S, Intermediärimplantat, Sinuseröffnung, Liegezeit 9 Monate

1) Pfeilerdurchtrittsbereich

Die pfeilerferne Mundschleimhaut erscheint unauffällig. In der Nähe des Pfeilers findet sich subepithelial ein mäßig starkes und intraepithelial ein weniger ausgeprägtes, vorwiegend granulocytäres, entzündliches Zellinfiltrat. Orthokeratose. Keine Zellatypien. Kein Epitheltiefenwachstum.

2) Lagergewebe im Bereich der Implantatschultern

Dicht an den Implantatpfeilern zieht beiderseits über die Klingenschulter eine ca. 0,4 bis 1,2 mm starke, lamellär-spongiöse Knochenlage. Die periimplantäre Bindegewebekapsel zeigt in den Bereichen, wo sie etwas stärker ausgefallen ist, die wiederholt beobachtete Unterteilung in eine faserreiche, kernarme und eine faserarme, zell- und blutgefäßreiche Schicht. Vereinzelt finden sich in der Bindegewebshülle Nester von Entzündungszellen.

3) Lagergewebe im Bereich der Kreissegmente

Die Gewebeanteile, welche die Implantatperforationen durchwachsen haben, sind nur bruchstückhaft erhalten und bestehen vorwiegend aus Bindegewebe. Das Gewebe aus dem zweiten Kreissegment von rechts weist oral eine halbmondförmige Verdickung der Bindegewebsschicht auf; kranial davon liegt entzündlich infiltrierte Kieferhöhlenschleimhaut. Sie enthält ein Stroma mit Drüsenanteilen, außerdem einen

kleinen Mikroabszeß.

In dem ganz rechten, halbkreisförmig getroffenen Kreissegment ist Sinusepithel über der periimplantären Bindegewebekapsel, die einen lamellären, markarmen Knochenkern umgibt, nach oral gewuchert. Das sich nach kranial anschließende Sinusepithel zeigt subepithelial ein zirkumskriptes entzündliches Infiltrat (Abb.56).

Auch im weiteren Verlauf des Epithelstranges in die linke Bildhälfte finden sich zahlreiche Ansammlungen von Entzündungszellen, die in geringem Umfang intraepithelial, vorwiegend subepithelial und im submucösen, spongiösen Knochen lokalisiert sind. Dieser sinusnahe Lageranteil ist durch eine deutliche Hyperämie gekennzeichnet. Granulocyten stellen den vorherrschenden Typ der Entzündungszellen dar.

Auf der linken Bildhälfte erscheint eine angeschnittene Zahnwurzel, deren Hartgewebe und Halteapparat ein unauffälliges Bild bieten.

4) Parallelpräparat von der benachbarten Sinusschleimhaut

Entzündliche, vorwiegend granulocytäre Infiltration der Sinusschleimhaut; zahlreiche Mikroabszesse. Eitrige Sinusitis maxillaris.

5) Histologische Taschentiefenmessung

Rechts im Schnittbild: 5,1 mm

Links im Schnittbild: 4,1 mm

Zum Vergleich die Werte der klinischen Taschen-sondierung:

Buccal 5 mm, palatinal 3 mm

6) Stärke der Bindegewebekapsel

Implantatschulter: 0,4 mm

Oberrand Kreissegment: 1,2 mm

Implantatbasis: - (nicht geschnitten)



Abbildung 55

Lupenskizze des Lagergewebes am Blattimplantat des Hundes 9003, Oberkiefer links. Erläuterung siehe Text. Angeschnittene Zahnwurzeln sind schraffiert. Schematisch angedeutetes prismatisches Sinusepithel zieht vom rechten Kreissegment abwärts zum unteren Bildrand. Der Kasten entspricht der Abb. 56. Vergrößerung 5:1. Färbung: H.E.

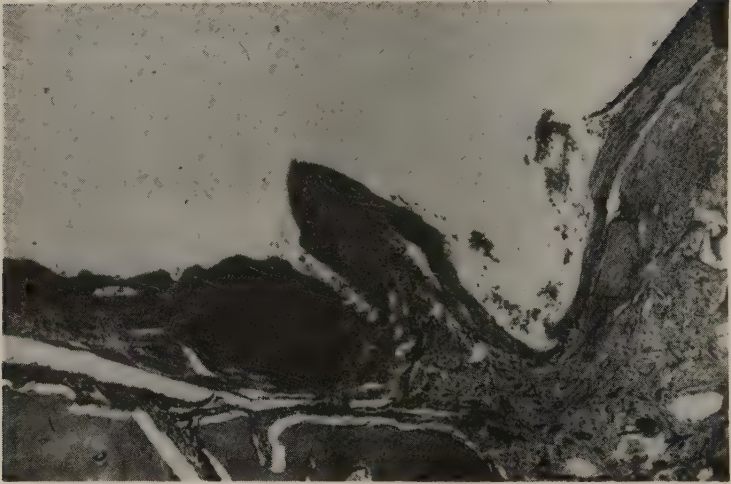


Abbildung 56

Ausschnitt aus der Abb. 55 (Kasten). Prismatisches Sinusepithel mit Schleimdrüsen proliferiert am Implantat (Lumen obere Bildhälfte) entlang. Unter dem Epithel ein Mikroabszeß. Granulocytäre, entzündliche Infiltration. Vergrößerung 40:1. Färbung: H.E.

2.5. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

2.5.1. Versuchsserie I

- 1) Bei 6 Beagle-Hunden sind von 6 Tantalnadel-implantaten und 6 Ag-Pd-Klingenimplantaten im Unterkiefer (alle durch Freund-Kunststoffbrücken belastet) während 24 Wochen 3 Nadelimplantate und 4 Blattimplantate verlorengegangen.
- 2) Die Mehrzahl der Abstoßungen erfolgte in der 9. postoperativen Woche. Ca. 2 bis 3 Wochen vorher kam es zu einer Zunahme der Implantatbeweglichkeit und der entzündlichen Symptome im Peripilastrium.
- 3) Sobald die enossalen Implantate für eine längere Phase ungeschient blieben, neigten sie zur Dislozierung oder ganz zur Ausstoßung.
- 4) Die röntgenologische und histologische Überprüfung der verbliebenen Implantate offenbarte, daß auch diese bei Anwendung strenger Maßstäbe als Mißerfolg einzuschätzen sind. Zwischen klinischen, röntgenologischen und histologischen Befunden können gewisse Diskrepanzen bestehen, so daß zur Beurteilung eines Implantates möglichst alle Befunde vorliegen sollten.
- 5) Die feingewebliche Untersuchung des Blattimplantates erbrachte, daß seine Öffnungen nicht knöchern durchwachsen waren, sondern das Implantat von derbem Narbengewebe, z.T. mit Nekrosen umhüllt war.
- 6) Die histologische Überprüfung der Nadelimplantate ergab: Zum Teil Akanthose der Mundschleimhaut, teilweise Epitheltiefenwachstum im Taschenbereich. Das Epithel direkt unter

der Acrylatkrone war durch entzündlich infiltrierte Granulationsgewebe aufgelockert.

In den oberflächlichen Anteilen der Fremdkörperhülle war teils eine akute leukocytäre, teils eine lymphocytäre und plasmazelluläre Entzündungsreaktion zu diagnostizieren.

Am gleichen Tripod stand der apicale Anteil einer Nadel in unmittelbarem Kontakt zum sklerosierten, kompaktaähnlichen Knochen, während eine weitere Nadel von einer ca. 0,5 mm starken Hülle aus Granulationsgewebe umgeben war.

7) In der Umgebung der Nadel- und Blattimplantate waren keine Metallablagerungen noch malignitätsverdächtige Zellen zu erkennen.

2.5.2. Versuchsserie II

1) Von 15 Titanblattimplantaten nach Linkow (davon 13 mit kaufunktioneller Belastung durch Brücken) an 5 Beagle-Hunden ist nach neunmonatiger Liegedauer keines verlorengegangen.

2) Die histologischen und klinischen Untersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Pfeilerdurchtrittsbereich

Die Werte der histologischen und klinischen Taschentiefenmessung sind in der Graphik IV übersichtlich dargestellt. Die klinische Sondierung kann im Einzelfall von der histologischen Kontrolle nach oben und unten stark abweichen. Es wurden Differenzen bis zu 6,5 mm ermittelt. Die Mittelwerte der Taschentiefenmessungen ergeben sich aus der Tabelle VII. Demnach besitzen die Oberkieferimplantate etwas tiefere Schleimhauttaschen als die Unterkieferimplantate. Die tiefsten Taschen fanden sich an den ungeschienten Implantaten.

Die histologischen Meßwerte liegen meist etwas niedriger als die Sondenwerte (Schrumpfung der histologischen Präparate).

In der Umgebung von 15 Implantatpfeilern waren bei 7 Pfeilern diffuse, entzündliche Zellinfiltrate zum Teil subepithelial, aber auch teilweise intraepithelial anzutreffen. Das Gewebe um 8 Pfosten zeigte keine oder sehr geringe entzündliche Reaktionen. Bei 7 Implantatstiften war in der Schleimhauttasche kaum eine Tendenz zur Epitheltiefenproliferation feststellbar; 5 Durchtrittsstellen zeigten ein deutliches

Tiefenwachstum der Mundschleimhaut; bei den restlichen Implantaten waren diese Erscheinungen weniger ausgeprägt.

B i n d e g e w e b i g e F r e m d k ö r - p e r h ü l l e

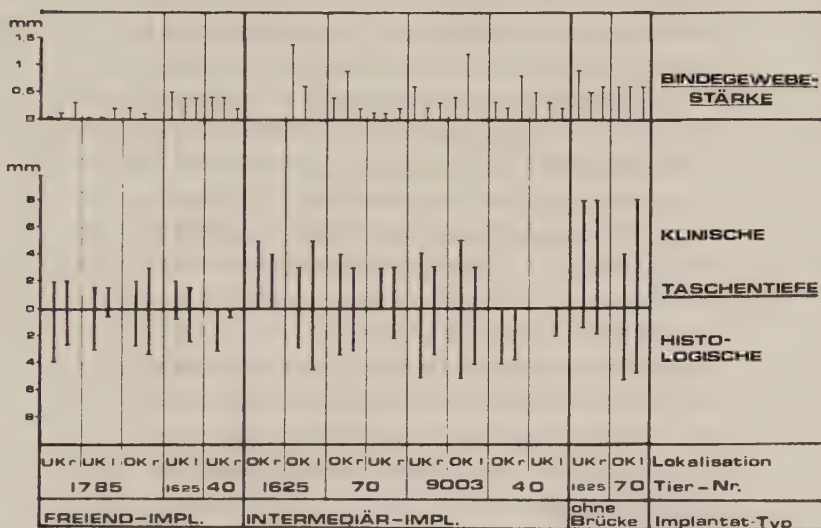
Die Mehrzahl der Implantate war vollständig von einer bindegewebigen Fremdkörperkapsel umgeben; nur die Klingenimplantate des Tieres 1785 zeigten ausgedehntere Bereiche, in denen eine Bindegewebsmembran fehlte. Wegen der genauen Formkongruenz des Knochenlagers mit dem Metallgerüst ist zu vermuten, daß die Implantate in direktem Kontakt zum Knochen standen, oder eine extrem dünne Bindegewebsmembran bestanden hat.

Die Stärke der Bindegewebshülle wurde im Mikroskop an drei Punkten in unterschiedlicher Tiefe (Implantatschulter, Oberrand des Kreissegmentes, Implantatbasis) gemessen und in der Graphik IV eingetragen. Die Werte der 39 Meßpunkte schwanken zwischen 0 und 1,4 mm und liegen im Mittel bei 0,41 mm. Der Durchschnittswert für Oberkieferimplantate allein beträgt 0,57 mm, für den Unterkiefer 0,31 mm und für die unbelasteten Implantate 0,63 mm. Die Durchschnittswerte für Freiidimplantate (0,23 mm) und die zwischengeschalteten Implantate (0,47 mm) sind kaum aussagekräftig, da diese beiden Gruppen sehr ungleich verteilte Ober- und Unterkieferimplantate enthalten, so daß der Einfluß der Kieferregion in dem Ergebnis dominiert.

Bei der mikroskopischen Untersuchung fallen an der Bindegewebehülle gewisse Strukturierung

Tabelle VII
Durchschnittliche Tasgentiefe an tierexperimentellen Blattimplantaten (Hund)

	Klinisch	Histologisch
Implantate insgesamt	3,7 mm	3,1 mm
Unterkieferimplantate	3,3 mm	2,4 mm
Oberkieferimplantate	4,1 mm	3,9 mm
Freiendimplantate	1,9 mm	2,4 mm
Intermediäre Implantate	3,6 mm	3,7 mm
Unbelastete Implantate	7,0 mm	3,3 mm



Graphik IV. Die klinisch und histologisch gemessene Taschentiefe an verschiedenen belasteten Blattimplantaten nach Linkow. Oben die an den gleichen Implantaten erhobenen Meßwerte der Stärke des peripilären Bindegewebes (3 Meßpunkte, von links nach rechts: Implantatschulter, Ober- rand Kressesegment, Implantatbasis).

gen auf, die sich in zahlreichen Präparaten wiederholen: Gemeint ist eine typische Schichtung mit oberflächenparallelen, oftmals verdichteten Faserzügen, die relativ zellarm und faserreich sind. Es schließt sich eine lockere, gefäß- und zellreiche Bindegewebslage an, die vermutlich dem Endost entspricht und zum lamellären oder geflechtartigen Lagerknochen überleitet. Häufig ist im Bereich der Kreis-segmente die Bindegewebehülle halbmondförmig verdickt. Sie sitzt dem spongiösen Knochenkern wie eine Kappe auf, die oftmals in Richtung auf den Pfeiler geneigt ist. Daneben zeigt die Bindegewebemembran gerade dort, wo sie relativ schmal ausgefallen ist, auch quergeschnittene Faserbündel, senkrecht zur Implantatoberfläche gelegen. Sie entsprechen vermutlich den zirkulär um die Implantatfortsätze verlaufenden Faserzüge, wenn man den Versuch einer räumlichen Rekonstruktion des Faserverlaufes aus dem zweidimensionalen Schnittbild wagen will. Zwischen diesen Faserbündeln sind zahlreiche ebenfalls quergetroffene Blutgefäße eingestreut. Die Fasern setzen oft pinselartig an zackigen Ausläufern von Geflechtknochen an, wobei der Knochen in seinem Wachstum einem Zug der Fasern zu folgen scheint.

An vorspringenden Implantatkanten sind die oberflächenparallelen Bindegewebefasern deutlich komprimiert.

Entzündliche Zeichen sind im tiefen Bindegewebelager selten. Ausgeprägte entzündliche Zellinfiltrate von Leukocyten finden sich bei einem ungeschienten und einem zwischengeschal-

teten Unterkieferimplantat, sowie an den vier Implantaten des Oberkiefers mit Perforation des sinus maxillaris.

K n o c h e n l a g e r

Nach 9 Monaten Liegezeit hat bei intensiver kaufunktioneller Belastung eine weitgehende knöcherne Reparation in den Perforationen und über den Schultern der Implantate eingesetzt: Von 46 vorhandenen Implantatperforationen waren 36 im Schnittbild beurteilbar. Davon wiesen 34 eine knöcherne Durchwachsung auf. Von 14 Implantaten waren auf der rechten Präparatseite 10 Implantatschultern annähernd vollständig von Knochen überwachsen, zwei etwa zur Hälfte und zwei nur gering von Hartsubstanz bedeckt. Auf der linken Seite der Schnittbilder waren 7 Implantatschultern annähernd vollständig mit Knochen überlagert, 4 nur gering und 2 überhaupt nicht.

Beachtenswert ist der schmale Gewebebezirk an der Implantatbasis zwischen den Implantatfortsätzen. Die Schnitte von 11 Implantaten mit insgesamt 36 derartiger Isthmen geben Einblick in 29 Engstellen, von denen 27 eine Knochenbrücke zwischen knöcherner Unterlage und Kreissegment enthielten.

I m p l a n t a t u n d K i e f e r h ö h l e

Alle Implantate, deren Basis den recessus alveolaris der Kieferhöhle erreichte, lösten eine Kieferhöhlenentzündung aus, zum Teil eitriger, zum Teil auch chronischer und polypöser Natur. Dabei ergreift die entzündliche Zellinfiltration auch Teile des bindegewebigen und knöchernen Implantatlagers. Häufig kommt es zu

ausgedehnter Proliferation des teilweise metaplastisierten Sinusepithels und der Schleimdrüsen am Implantat entlang. Die Proliferationstendenz des Sinusepithels scheint ausgeprägter zu sein als die der Mundschleimhaut.

Nirgendwo sind im Implantatlager Metallablagerungen und atypische oder malignitätsverdächtige Zellen aufgefallen.

2.6. Diskussion der Versuchsergebnisse

Die Bilanz der abgestoßenen Implantate aus beiden Versuchsreihen - in der ersten Verlust des überwiegenden Teils der Allenthesen, während in der zweiten kein Pfeiler verlorenging - wirft die Frage nach den Gründen für derart unterschiedliche Ergebnisse auf.

Ähnliche Mißerfolge mit tierexperimentellen Dentalimplantaten finden sich mehrfach in der Fachliteratur. Nichols (185) stellte nach wenigen Monaten an 6 Gerüstimplantaten beim Hund eine weitgehende epitheliale Einscheidung mit deutlichen entzündlichen Symptomen fest.

Peterson et al. (200) und Lucatorto et al. (160) berichten über totale Abstoßungen von poröser Aluminium-Keramik, wobei die Arbeitsgruppe von Peterson eine Infektion über den porösen Pfeiler, Lucatorto und Mitarbeiter die mangelhafte Fixierung der Implantate im Knochen als Ursache nennen.

Hamner und Mitarbeiter (88,86) kamen zu schlechten Resultaten bei der Einpflanzung von Plastzähnen an Pavianen, wobei vereinzelt sogar Osteomyelitiden auftraten. Die Autoren erklären ihre Mißerfolge in erster Linie mit den cytotoxischen Wirkungen verschiedener Agentien, die von den Kunststoffimplantaten ausgehen könnten (Monomer; Desinfektionsmittel). Da solche Substanzen bei uns nicht verwendet worden sind, scheiden sie als Ursache aus.

Als Fehlerquelle bei unsern Versuchen kommen viel wahrscheinlicher die Faktoren in Betracht, die in der zweiten Versuchsserie geändert wor-

den sind:

- 1) Es wurden anstelle der Ta-Nadelimplantate und der Ag-Pd-Klingen die Titan-Blattimplantate nach Linkow eingesetzt.
- 2) Die Suprastrukturen wurden entscheidend verbessert, indem statt Brücken aus Autopolymerisat solche aus einer Metalllegierung (Pallag) Anwendung fanden.

Die Schwachpunkte des Nadeldreibeins nach Scialom ergeben sich bei Betrachtung der Röntgenbilder und der histologischen Präparate recht deutlich: Radioluzenzen lassen sich am Stifteingang und an der Nadelspitze (auch in kortikalem Knochen) feststellen. Das Epithel ist unter der Acrylatkrone entzündlich infiltriert, zum Teil sogar mit Granulationsgewebe durchsetzt. Ähnliche Befunde erheben Shklar et al. (258) und Baumhammers und Mitarbeiter (19) anhand ihrer Tierexperimente. Die Arbeitsgruppe von Shklar weist darauf hin, daß der Spaltraum zwischen Acrylatpfosten und Mundschleimhaut der Selbstreinigung nicht mehr zugänglich sei und daher ständig eine Tascheninfektion möglich sei. Sie vermuten außerdem, daß bei Belastung der Acrylatpfosten geringfügig absinke und Druck auf die Mucosa ausübe. Wir können diese Annahme bestätigen, zeigte sich doch häufig bei den klinischen Beweglichkeitsprüfungen ein achsiales Federn.

Die Nadelimplantate nach Scialom scheinen in der Anordnung als Tripod wenig belastbar zu sein. Ackermann (2) ist der Meinung, der Nadeltripod übertrage die Kaukräfte nach Art eines

"Stützpolygons" auf einen pyramidenförmigen, größeren Knochenraum. Dies gilt wahrscheinlich nur für die ersten Tage nach der Eingliederung, solange die Nadeln noch fest im Knochen verkeilt sind. Gemeinsam mit Finger durchgeführte Beweglichkeitsmessungen (213) an Nadeltripods in vitro haben erwiesen, daß die primäre Lagestabilität der Nadeln relativ hoch ist und durchaus derjenigen von Blattimplantaten gleichkommt. Gänzlich anders liegen die Verhältnisse jedoch, wenn die Nadeln von Granulations- bzw. Narbengewebe umhüllt sind. Eine großräumige Kraftübertragung auf das Lagergewebe ohne Spitzenbelastung im Bereich der Nadelspitze ist nur vorstellbar unter der Voraussetzung, daß die Nadeln sehr starr sind, und das umhüllende Weichgewebe fest an der ganzen Länge der Nadel haften kann. Beides ist nicht der Fall. Wir hatten bei der Entfernung eines lockeren Tripods wie auch bei der Sektion den Eindruck, daß die einzelnen Nadeln sich leicht aus dem umgebenden Bindegewebes Schlauch herausziehen ließen. Dies macht verständlich, warum sich ein Stiftimplantat bei einem Tier (1114) spontan lösen konnte.

Linkow (159) weist ebenfalls auf die geringe Haftungsmöglichkeit der Bindegewebshülle an der Nadeloberfläche hin. Deshalb will er die Indikation der Nadelimplantate für spezielle Zwecke eingeschränkt wissen.

Eine Besonderheit des feingeweblichen Befundes an unsern Ta-Nadelimplantaten erscheint beachtenswert: Während eine Nadel von einer kräftigen Bindegewebsmembran umhüllt war, stand die zweite in unmittelbarem Kontakt zum Knochenge-

webe.

Zahlreiche andere Autoren berichten ebenfalls über die direkte Knochenberührung von Dental-implantaten nach der Einheilung (152,290,269, 4,263,102,274,202,203,36,28,265,289,41,225, 154,3,30,159). Picton und Mitarbeiter (203) sowie Langeland und Spångberg (151) äußern Zweifel an der Richtigkeit derartiger Befunde, weil nach ihrer Ansicht die Bindegewebehülle bei der Herausnahme des Implantates vor dem Schneiden der Präparate in den meisten Fällen artifiziell entfernt sei.

Nachdem aber mehrere Autoren (102,274,202,166, 137,273,203) feingewebliche Untersuchungen vorlegen, wo Implantat und Knochen im Schnittbild enthalten sind, scheint grundsätzlich ein direkter Knochenkontakt möglich zu sein. Dies gilt neben den keramischen Substanzen auch für das Tantal (152,102), was auf eine besonders gute Gewebsverträglichkeit hinweist.

Warum in unserem Fall beim Tier 1089 eine Nadel knöchern, die andere bindegewebig verankert war, läßt sich nur vermuten. Vielleicht hatte sich der Stift mit Knochenkontakt in der Acrylatbrücke gelockert, so daß er keine wesentlichen Kaukräfte übertragen konnte, während die restlichen Nadeln besonders stark belastet wurden. Damit konnte sich möglicherweise der mechanische Faktor, der die bindegewebige Fremdkörperreaktion überlagern und verstärken kann (46,267,45,132,62), an dem überlasteten Anteil des Nadeltripods in besonderem Maße auswirken.

Für die Abstoßung der Palliag-Klingenimplantate lassen sich u.E. ähnliche Ursachen wie

für die Nadelimplantate anführen. Auch hier lagen trotz der andersartigen Pfeilerform ungünstige hygienische Bedingungen vor, die durch die relativ breiten Kunststoffbrücken gegeben waren. Wie die wiederholten Kronenfrakturen im Versuchsverlauf zeigten, mußten die Autopolymerisatbrücken aus mechanischen Gründen massiv gestaltet sein, um dem kräftigen Kaudruck im Seitenzahngebiet gewachsen zu sein. Im Laufe der Zeit kam es zu ausgedehnten Plaqueansammlungen und entzündlichen Symptomen an den peripilären Geweben. Wie die Berichte von Small et al. (263) und Kristen et al. (150) zeigen, sind solche Prozesse im Hunderversuch auch durch tierpflegerische Maßnahmen wie besondere Oralhygiene und Verfütterung von Antibiotica nur schwer zu beeinflussen.

Ein weiterer Nachteil der Kunststoffbrücken ist ihre hohe Eigenelastizität, die eine absolut starre Schienung der Implantate am Restgebiß nicht in der Weise wie die später verwendeten Palliag-Suprastrukturen zuließ. Metallische Schienungselemente sind deshalb vorzuziehen (176).

Als weitere Ursache für das schlechte Abschneiden der Ag-Pd-Klingenimplantate ist auch die spitze Formgebung der Implantatbasis anzuschuldigen, wie eigene Untersuchungen (214, 215, 211) und die anderer Autoren (ausführliche Literatur bei Contzen, 45) vermuten lassen. Bei der spannungsoptischen Überprüfung zeigt das Klingenimplantat nach Heinrich eine wesentlich stärkere Beanspruchung des Lagers im Bereich der Implantatfortsätze als ein ver-

gleichbares Blattimplantat nach Linkow (siehe Abb. 57a und b und Graphik V).

Wegen der gleichen Formgebung nach Heinrich läßt das tierexperimentelle Ag-Pd-Klingenimplantat eine stärkere Traumatisierung des Lagergewebes erwarten, was auch der feingewebliche Befund mit der Feststellung von Granulationsgewebe und Nekrosen bestätigt.

Ferner darf bei der Betrachtung der Gewebereaktion das Implantatmaterial nicht unberücksichtigt bleiben.

Das Ausmaß der bindegewebigen Fremdkörperreaktion hängt, wie in der Literaturübersicht bereits ausgeführt, neben der mechanischen Belastung und dem Vorliegen einer Infektion auch von der Qualität und Quantität des Jonenstroms ab, der vom Implantat zum Lagergewebe stattfindet. Inwieweit bei den Palliag-Implantaten das Material infolge korrosiver Prozesse die ausgiebige Bildung von periimplantärem Granulationsgewebe ausgelöst hat, läßt sich nicht eindeutig abgrenzen, weil die oben genannten Faktoren sich in ihrer Wirkung überlagern.

Makroskopisch war an der Implantatoberfläche keinerlei Korrosion erkennbar; allerdings ist ein Implantatfortsatz bei der Herauslösung aus dem Sektionspräparat frakturiert, was für eine Gußinhomogenität oder Spaltkorrosion spricht.

Die Neutronenaktivierungsanalyse der inneren Organe der Tiere durch Simon (260) ergab keinen erhöhten Gehalt an Silber. Jedoch schließt dieser Befund eine Metallose durch Palliag-Be-

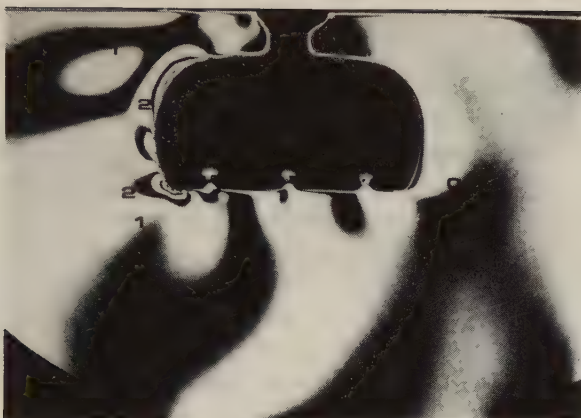


Abb. 57a

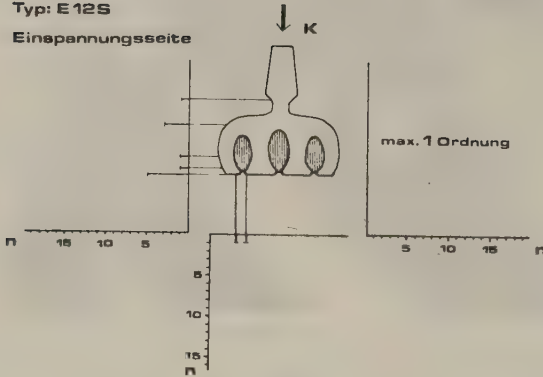


Abb. 57b

Abb. 57a und b. Spannungsoptische Überprüfung der Formgebung von Blattimplantaten im zweidimensionalen Modellversuch. Das Implantatmodell befindet sich in einem Kunststofflager und wird senkrecht mit 100 kp belastet. Die Implantataussparungen sind mit Weichkunststoff ausgefüllt, um der mechanischen Situation sofort nach der Eingliederung des Implantates näherzukommen. Die Einspannungsseite des Modells liegt links, die photographischen Aufnahmen erfolgten im Dunkelfeld. Die Ziffern geben die Ordnungszahl der Isochromaten an, die ein Maß für die Belastung des Implantatlagers darstellt. Die genaue Auswertung ist aus der Graphik V ersichtlich. Oben das Blattimplantat E 12 S nach Linkow, unten das Klingenimplantat nach Heinrich (nach Randzio u. Ficker, 212,215).

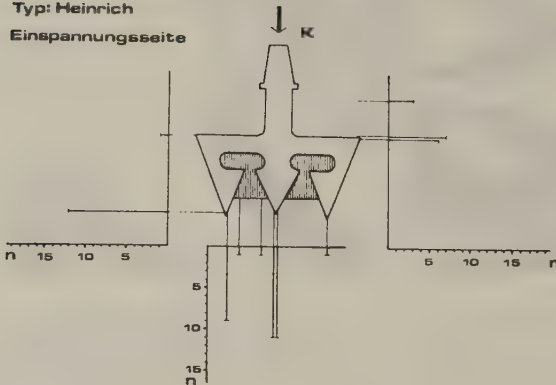
Typ: E12S

Einepannungsseite



Typ: Heinrich

Einepannungsseite



Graphik V. Spannungsoptische Überprüfung der Formgebung von Blattimplantaten. Oben das Blattimplantat E12S nach Linkow, unten das Klingenimplantat nach Heinrich, beide unter senkrechter Belastung. Die Koordinationssysteme geben die Lokalisation und Ordnung der Isochromaten an (n). Diese sind ein Maß für die Beanspruchung des Lagermaterials durch das Implantat. Das Heinrich-Implantat schneidet wesentlich schlechter ab. (Nach Randzio u. Ficker, 212,215).

standteile nicht aus, da die Korrosionsprodukte einer Kinetik unterliegen und zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits unterhalb der Nachweisgrenze eliminiert sein können.

Aufgrund unserer Versuchsmethodik läßt sich nicht eindeutig entscheiden, ob das Material oder die anderen Faktoren (Überlastung, Formgebung, Infektion) ausschlaggebend für den Mißerfolg der Ag-Pd-Klingenimplantate waren. Wegen unserer schlechten Ergebnisse halten wir im Gegensatz zu den Empfehlungen in der Fachliteratur (224,222,247,114,268) weitere metallurgische Untersuchungen für erforderlich, um zu erweisen, daß das Palliag für Implantationszwecke ausreichend atoxisch und korrosionsstabil ist.

Die klinische Symptomatik verläuft während der Abstoßung der Blatt- und Nadelimplantate relativ ähnlich und gleichförmig. Ein Kulminationspunkt der Abstoßungsreaktionen läßt sich um die 9. Woche feststellen (siehe Graphik III). Ein Anstieg der entzündlichen Symptome des Peripilastriums und der Beweglichkeit setzt schon 2 bis 3 Wochen vorher ein.

Dies entspricht ziemlich genau den Beobachtungen Hamners und Coautoren (88) an Kunststoffimplantationen. Aus ihrer gut dokumentierten Versuchsbeschreibung ist zu entnehmen, daß ein Höhepunkt der entzündlichen Symptomatik mit Taschenbildung, Exsudation und Lockerung etwa im dritten Monat nach Einpflanzung der Implantate am Pavian zu konstatieren war. Entsprechende Befunde erheben Shklar et al. (257), Natiella et al. (181), Peterson et al. (201,

200), Piliero et al. (205) und Schulte und Mitarbeiter (248,249), die die Mehrzahl der Komplikationen in den ersten drei Monaten postoperativ feststellten.

Nach etwa 6 bis 8 Wochen ist die Abkapselung des Implantates durch Bindegewebe abgeschlossen (145,255,280,5). Während dieser Phase verliert das Implantat den anfänglichen Knochenkontakt durch einsprossendes Granulationsgewebe, wodurch die Beweglichkeit zwangsläufig etwas zunimmt ("stabile mobility", Cherchéve, 159). Dies erklärt übrigens die Wanderung und Kippung der Blattimplantate, die nach Verlust oder Fraktur der Schienung relativ schnell eintreten konnte.

Der bindegewebigen Reaktion folgt die knöcherne Reparation, die mit ersten osteoiden Elementen bereits nach 10 Tagen bis 8 Wochen am Versuchstier nachweisbar ist (289,280,165,205,136,216).

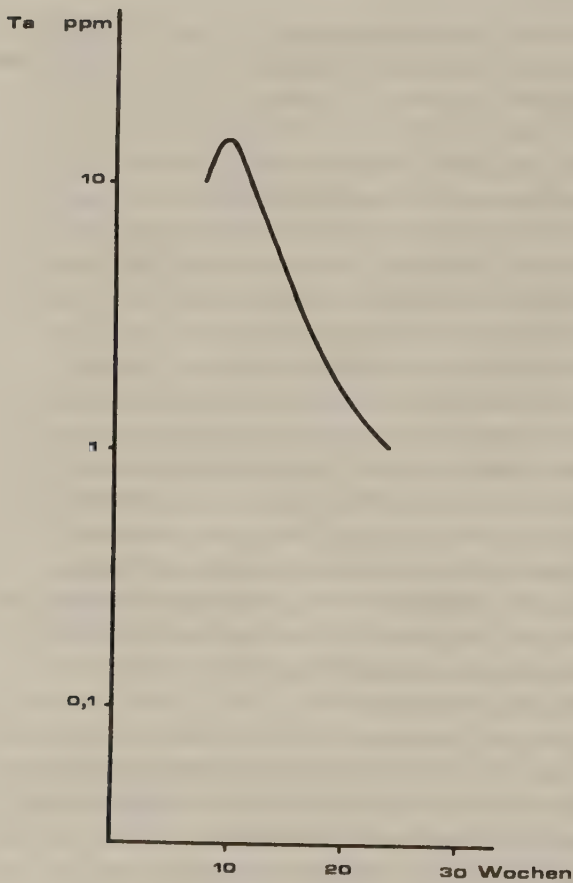
Es hat den Anschein, daß während dieser Einheilungsphase das periimplantäre Lagergewebe verschiedenen Noxen (Überlastung, Infektion) gegenüber besonders empfindlich ist, so daß schon zu dieser Zeit die Weichen für eine baldige Exfoliation der Allenthesen oder ein längeres Verbleiben im Körper gestellt werden können.

Die Vulnerabilität des Lagergewebes während der Einheilung könnte bei metallischen Implantatwerkstoffen durch eine histologisch unauffällige Metallose ausgelöst sein, die gerade in der Anfangsphase der bindegewebigen Einscheidung zu stärkeren Metallablagerungen führt als später. Zeislers Untersuchungen (zit. 260) an ge-

geschlossenen Tantalimplantaten am Kaninchen haben gezeigt, daß der Tantalgehalt des Kontaktgewebes etwa um die 12. Woche postoperativ ein Maximum erreicht, um dann im Verlauf von weiteren 30 Wochen exponentiell abzufallen (siehe Graphik VI). Zu ähnlichen Resultaten kommt Simon (260) bei der Neutronenaktivierungsanalyse von Excidaten aus dem Peripilastrium menschlicher Implantatträger.

Hamner et al. (88) schuldigen den Monomergehalt ihrer Kunststoffimplantate als Ursache für die Komplikationen an. Das postoperative Intervall von etwa 3 Monaten könnte man analog der oben geschilderten Metallose durch eine langsame Auslaugung von Monomer aus den oberflächlichen Kunststoffschichten zu erklären versuchen. Dafür sprechen die Untersuchungsergebnisse von Pinkert et al. (206,207), denen zufolge der Austritt von Restmonomer aus Kaltpolymerisat erst 3 Monate nach der Implantation das Minimum erreicht.

Ferner ist zu beachten, daß nach der Eingliederung eines enossalen Implantates knöcherne Heilungsvorgänge ablaufen, die - wie aus der Behandlung von Frakturen allgemein bekannt - auf mechanische und infektiöse Noxen sehr anfällig reagieren. Hassler et al. (92) und Mora Greco (176) äußern deshalb die Ansicht, daß die ersten zwei bis drei Monate nach der Implantateinpflanzung eine besonders kritische Phase darstellen, in der keine übermäßige mechanische Belastung des Implantates erfolgen sollte. Eine entsprechende Empfehlung geben Randzio und Finger (213) aufgrund ihrer Untersuchungen



Graphik VI
Zeitlicher Verlauf des Tantalgehaltes im Kon-
taktgewebe nach geschlossener Tantalimplanta-
tion beim Kaninchen.
(nachgezeichnet nach Zeisler, zit. 260)

zur Implantatbeweglichkeit und den sich daraus ergebenden Vergleichen mit der Beweglichkeit des natürlichen Zahnes.

Zusammenfassend möchte ich aus der ersten Versuchsreihe folgende Schlüsse ziehen, die auch für die klinische Anwendung am Menschen bedeutsam sein können:

1) Nadelimplantate in der von Scialom angegebenen Form sind nur gering belastbar. Sie sollten, wenn überhaupt, nur dort eingepflanzt werden, wo eine geringe Kaubelastung zu erwarten ist, und andere Implantate z.B. aus anatomischen Gründen nicht möglich sind (zu diskutieren wäre beispielsweise der Einzelzahnersatz in der Unterkieferfront).

2) Eine direkt der Schleimhaut aufliegende Pfeilergestaltung an Nadelimplantaten kann zu massiven entzündlichen Veränderungen der Mucosa und zu Knochenabbau in der Tiefe führen. Aussichtsreicher erscheint ein unterspülbarer Pfeiler, wie er z.B. in der Nadelstraße nach Hary (91) oder Pruin (209) verwirklicht ist.

3) Entzündliche Veränderungen des Peripilastriums und Lockerung des Implantates gehen der Abstoßung um einige Wochen voraus. Sie sollten rechtzeitig den Behandler zur Entfernung des Dentalimplantates veranlassen, bevor es zu gravierenden Schäden im Kiefer, z.B. Knochendestruktion und Osteomyelitis (86, 194), gekommen ist.

4) Die ersten 2 bis 3 Monate nach der Einpflanzung des Implantates stellen eine besonders komplikations- und risikoreiche Phase dar. Zum Schutz vor übermäßiger Bewegung sollten

Nadel- und Blattimplantate starr am Restgebiß gesichert und bei optimaler Oralhygiene nur geringer Kaubelastung ausgesetzt sein. Bei Überwindung größerer Spannweiten scheinen Kunststoff-Brücken im Gegensatz zu metallischen Schienungselementen wenig geeignet. Eine alternative Möglichkeit, um dieser Forderung gerecht zu werden, wäre die zweizeitige Implantation (d.h. Vorpflanzung der Endostruktur und Eingliederung der Exostruktur etwa 3 Monate später), wie sie neuerdings Riess (227) wieder propagiert.

5) Klingenimplantate aus der Silber-Palladium-Legierung Palliag in der modifizierten Formgebung nach Heinrich ergeben aufgrund unserer Tierversuchse keine ermutigenden Resultate.

In der Versuchsreihe II ist keines der Titan-Extensionsimplantate nach Linkow während neunmonatiger Liegezeit verlorengegangen. Zwei ungesicherte Implantate zeigen ausgeprägte pathologische Befunde mit röntgenologisch sichtbarer Knochendestruktion, tiefer Taschenbildung und histologischen Zeichen der Entzündung im Pfeilerbereich und dem periimplantären Bindegewebe, so daß ihre Prognose schlecht ist. Die Gesamtwertung der klinischen und histologischen Befunde (ausgenommen die Implantate mit Sinuseröffnung, die gesondert besprochen werden) spricht jedoch dafür, daß die Titan-Blattimplantate nach Linkow den in der Versuchsreihe I getesteten Nadel- und Klingenimplantaten überlegen sind.

Die klinischen und histologischen Daten der Graphik IV (Taschentiefe und Bindegewebestärke) ergeben interessante Beziehungen zum Implantationsort und zur Belastung bzw. Schienung des Implantates.

Die tiefsten Taschen, klinisch, wie histologisch, fanden sich an den ungeschierten Implantaten. Ihre Bindegewebehülle ist stärker als die der anderen Gruppen, was mit den Beweglichkeitsbefunden übereinstimmt. Dies bestätigt die Ansicht von Flander (67), daß enossale Implantate ohne Funktion und Schienung sich schnell lockern und abstoßen. Dördelmann und Mitarbeiter (62) sowie Zarb et al. (309) machten an Hunden ebenfalls die Beobachtung, daß ungeschierte Klingenimplantate, die nur durch den in die Mundhöhle ragenden Pfeiler beansprucht werden, beweglich wurden und wanderten.

Was die Taschentiefe und Stärke der Fremdkörperkapsel angeht, schneiden bei unserer Testreihe die Extensionsimplantate im Unterkiefer am günstigsten ab. Die größere Taschentiefe im Oberkiefer ist wohl teilweise in einer anatomischen Besonderheit des Hundes begründet. Hier tritt der Implantatpfeiler durch einen sehr starken Mucoperiostlappen hindurch, was eine tiefere Taschenbildung zur Folge haben könnte.

Außerdem erscheint die spongiöse Knochenstruktur im Oberkiefer für mechanische Belastung durch Implantate weniger geeignet als der kompaktere Knochen im Unterkiefer. Die stärkere Bindegewebehülle der Oberkieferimplantate mag

einen Hinweis auf ihre geringere Belastbarkeit geben. Es läßt jedenfalls auf eine größere Beweglichkeit der Implantate im Oberkiefer schließen.

Möglicherweise erklärt sich aus den dargelegten Unterschieden des Lagergewebes die differierende Prognose für enossale Ober- und Unterkieferimplantate, wie sie am Menschen gefunden worden ist. Cranin et al. (50) ermittelten in einem 5-Jahresbericht über 952 enossale Implantate eine Erfolgsquote im Unterkiefer von 69 % gegenüber 63 % im Oberkiefer. Tetsch (279) registrierte bei der Kontrolle von 500 Schrauben- und Extensionsimplantaten mit einer Liegedauer bis zu 7 Jahren im Oberkiefer 30,3 % Mißerfolge gegenüber 21,4 % im Unterkiefer.

Der Untersuchung von Tetsch ist auch zu entnehmen, daß Einzelimplantate im zahnlosen Kiefer, wie sie unseren freistehenden Implantaten am ehesten entsprechen, die größte Abstoßungsrate (40,7 %) besitzen. Dagegen weisen Implantate unter einseitigen Freidendbrücken eine relativ gute Erfolgsrate auf (13,4 % Abstoßungen).

Die Frage, ob Freidend- oder Intermediärimplantate prognostisch günstiger sind, läßt sich aufgrund unserer morphologischen Untersuchung nicht exakt beantworten. Die Graphik IV weist zwar für die Freidendimplantate günstigere histologische und klinische Daten aus, man sollte sich aber von diesem Bild nicht täuschen lassen. Freidend- und Zwischenschalt-Implantate waren ungleichartig auf Ober- und Unterkiefer verteilt, so daß der Einfluß der Kiefer-

region die ermittelten Werte überlagert. Errechnet man die durchschnittliche Taschentiefe und Bindegewebestärke nach Ober- und Unterkiefer getrennt, ergeben die Freieindimplantate günstigere Resultate als die zwischengeschalteten. Die Anzahl der Implantate ist aber in jeder Gruppe so gering, daß bei der Schwankungsbreite der Messungen und den geringen Unterschieden darauf gründende Aussagen wenig beweiskräftig sind.

Welche Taschentiefe als pathologisch zu gelten hat, diese Frage beurteilt die Fachliteratur nicht einhellig. Einige Autoren (109, 219, 84, 120, 121) orientieren sich an der Zahnfleischtasche des natürlichen Zahnes, andere geben für Dentalimplantate wesentlich tiefere Taschenbildungen an, wie die Übersicht (Tabelle VIII) verdeutlicht. Unsere Ergebnisse liegen in dem Rahmen, der auch von anderen Experimentatoren angegeben ist.

An menschlichen Implantatträgern scheinen die peripilären Gingivataschen ebenfalls etwas tiefer als am natürlichen Zahn zu sein, wie die Messungen von Lass (152; 1 - 4 mm Sulcustiefe), Smithloff und Fritz (264; 4 - 5 mm Sulcustiefe), Spiekermann (266; 3 - 3,5 mm Sulcustiefe), Brinkmann (31; 1,7 - 3,56 mm Sulcustiefe), Schulte et al. (248; bis zu 4 mm Sulcustiefe), Cranin et al. (48; 2,7 mm Sulcustiefe) und Wie et al. (296; im Oberkiefer ca. 3,5 mm, im Unterkiefer ca. 3 mm Sulcustiefe) belegen. Nach Tetsch (279) waren Mißerfolge an humanen Schrauben- und Klingenimplantaten stets mit einer Taschentiefe über

Tabelle VIII

Klinisch gemessene Taschentiefe an tierexperimentellen enossalen Dentalimplantaten

Autor	Species	Implantattyp	Taschentiefe
Armitage (4)	Rhesusaffe	Titan-Blattimplantat	2 - 4 mm
Bloom (26)	Hund	6Al-4V Titanlegierung	2 - 3 mm
Babbush (13)	Hund	Ti- u.Co-Cr-Mo-Impl. (Blätter)	1 - 5 mm
Gettleman (76)	Pavian	PMMA-Zahnreplik	Feste Impl.: 0 - 3,2 mm Mobile Imp.: 2,6 - 6,2 mm
Grenoble (80)	Hund	Glaskohle	1 - 2 mm
Gourley (77)	Hund	Titan-Implantat	max. 2 mm
Hamner (88)	Pavian	PMMA-Zahnreplik	3 - 9 mm
Hodosh (106)	Pavian	PMMA-Zahnreplik + Zahnmehl	3,5 mm
Jacobs (117)	Hund	Tantal-Schraube	2 - 3 mm
James (120)	Hund	Vitallium-Stift	0,8 - 1,3 mm
Klawitter (140)		Bioglass-Stift	bis 4 mm
Michieli (172)	Hund	Carbon-ummanteltes Vitallium-implantat	0 - 4 mm
Picton (203)	Affe	Titan-Blattimplantat	2 - 3 mm
Shklar (257)	Pavian	PMMA-Zahnreplik	2 - 3 mm
Waerhaug (289)	Hund	PMMA-Zahnreplik	0,3 - 3,3 mm (histol.)

Eigene Meßergebnisse:

Hund	Titan-Blattimplantat	klinisch	histologisch
	Durchschnittswert		
	insgesamt	3,7 mm	3,1 mm
	Unterkiefer	3,3 mm	2,4 mm
	Oberkiefer	4,1 mm	3,9 mm

2 mm verbunden.

Natiella et al. (181) und Rolffs et al. (229) wollen tierexperimentelle Implantationen erst ab einer Taschentiefe über 5 mm als gescheitert ansehen. Shklar und Mitarbeiter (257) berichten über ein total epithelial eingescheidetes Kunststoffimplantat am Pavian, das klinisch völlig reizlos und erfolgreich erschien und auch histologisch nur geringe Entzündungszeichen aufwies. Die Variationsbreite der Taschenbefunde, die sogar im Extremfall einen Mißerfolg nicht ohne weiteres erkennen lassen, macht ihre Interpretation schwierig. Außerdem treten meßtechnische Probleme bei der Bestimmung der Taschentiefe auf. Ein Unsicherheitsfaktor der klinischen Taschensondierungen besteht darin, daß sie durch die individuelle Kraftanwendung des Untersuchers beeinflußt werden. Ferner ist der sondierbare Taschenboden nicht identisch mit dem tiefsten Punkt der Epithelanlagerung (233). Dieser läßt sich allein histologisch bestimmen, und dann auch nur, sofern die richtige Schnittebene zur Verfügung steht. Bei konventioneller Herstellung der Schnittpräparate beinhalten auch die histologischen Angaben eine Ungenauigkeit infolge der Schrumpfungsprozesse am Präparat (Fixation!).

Sofern die Taschentiefe keinen Extremwert darstellt, ist sie prognostisch unsicher zu deuten, weil über die Ursachen der Epitheltiefenproliferation keine Klarheit herrscht. Kent und Coautoren (132) vermuten, daß das geringfügige epitheliale Tiefenwachstum eher eine

physiologische als pathologische Erscheinung sei. Erst wenn es in Verbindung mit einer verdickten Bindegewebehülle zur Tiefenwucherung von Epithel komme, müßte man von einem pathologischen Prozeß sprechen.

Armitage et al. (4) meinen, eine geringfügige Epitheltiefenwucherung erlaube noch keine Aussage über die weitere Prognose des Implantates. Schmuziger (243) und Kallenberger (127) sehen dagegen in der Parapinitis mit reaktiver Epithelproliferation den Beginn der zu erwartenden Komplikationen.

Die Ursache der Tiefenproliferation der Mundschleimhaut erblickt Nichols (183) darin, daß das Epithel keine feste Verbindung mit dem Pfeiler finde, und es deshalb zu einer prozeßhaft fortschreitenden Sprossung der Epithelzellen in die Tiefe komme. Hodosh und Mitarbeiter (106) diskutieren aufgrund ihrer Versuche mit PMMA-Implantaten, die Zahnwurzelmehl enthielten, die Möglichkeit, daß tote Zementbestandteile das Tiefenwachstum induzieren. Diese Auffassung entspricht der Gottlieb'schen Theorie von der Zementopathie als Ursache der Parodontolyse.

Rheinwald (222) nimmt eine "alveoläre Disposition" für die epitheliale Wucherungsneigung an. Die Mehrzahl der Autoren schuldigt in Analogie zu den Ursachen der marginalen Parodontitis des Zahnes entzündliche und biomechanische Faktoren an, also Überlastung, Lokkerung und Tascheninfektion (18,73,209,181,30,3,258,62,279).

Andererseits können entzündliche Symptome und

Zellinfiltrate spontan oder nach Behandlung mehr oder weniger abklingen, wohingegen eine Rückbildung der tiefengewucherten Epithelzellen schwer vorstellbar ist. Dies kann zu Bildern führen, wo anscheinend in einem entzündungsfreien Stroma eine Epitheltiefenproliferation stattgefunden hat. Über solche Befunde berichten manche Autoren (4,263); teilweise trifft dies auch für unsere Präparate zu. Nachdem ein histologisches Schnittbild nur eine Momentaufnahme aus einem längeren Verlauf darstellen kann, ist der Schluß auf eine Epitheltiefenproliferation ohne entzündliche Vorgänge sicher nicht berechtigt.

Da das Mundhöhlenepithel physiologischerweise die Neigung hat, offene Wundflächen schnell zu bedecken, gilt dies auch in der Nachbarschaft vom Implantatpfeiler. Wenn durch Belastung, Wackelspaltbewegung und Infektion Mikrowundflächen zwischen Implantat und umliegendem Stroma entstehen, so entspricht es der natürlichen Tendenz des Epithels, hier hineinzuwuchern und das Wundgebiet abzudecken. Der an sich natürliche Vorgang der Epithelproliferation, ohne den es keine Wundheilung gäbe, zeigt an, daß dann im Implantatlager pathologische Bedingungen herrschen, deren Hauptkomponenten wohl Überlastung und Infektion sind.

Neben dem Pfeilerbereich ist auch die Morphologie des b i n d e g e w e b i g e n I m p l a n t a t l a g e r s von Interesse, sind doch diese Strukturen zusammen mit dem Knochen für den eigentlichen Halt des Implantates verantwortlich. Die Stärke der Fremdkörperkapsel

als Parameter für die Implantatbeweglichkeit wurde bereits im Zusammenhang mit den Reaktionen der Mucosa auf den Implantatpfiler besprochen. Die Werte der von uns gemessenen Bindegewebestärke ordnen sich gut in den Rahmen ein, den man in der Literatur vorfindet (siehe Tabelle IX).

Aus der Tabelle IX lassen sich zum Teil schon die Faktoren ablesen, welche das Ausmaß der Bindegewebereaktion am Implantat bestimmen: Wie in der Literaturübersicht bereits ausgeführt, ist es von Bedeutung, ob das Implantat offen oder gedeckt ist (165,151), ob eine Infektion vorliegt, und ob das Implantat aktiver bzw. passiver Bewegung ausgesetzt ist (66,267, 132,62,45). Außerdem haben der Implantationsort (Weichgewebe, Knochen et cet.), die Form des Implantates (45) und die vom Implantat ausgehenden Ionenströme (46,202) einen Einfluß auf die Fibrogenese.

Bei der Mehrzahl der Dentalimplantate fungiert die bindegewebige Fremdkörperkapsel als ausgleichende Zwischenschicht, um eine kontinuierliche Kraftübertragung auf das Knochenlager zu ermöglichen. Allein wegen der unterschiedlichen Elastizitätsmoduln von metallischem Implantat, spongiösem und kompaktem Knochen (siehe Graphik VII) ist eine Verschiebeschicht bei Belastungen notwendig, welche außerdem die geringen Relativbewegungen (298) zwischen Implantat und Knochen infolge der elastischen Deformierungen der Mandibula (141,168) ausgleichen kann.

In einer theoretischen Studie haben Widera und

Tabelle IX

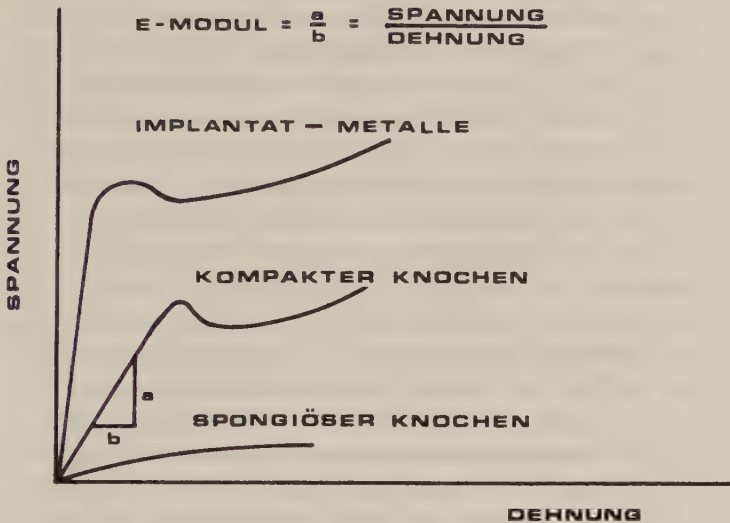
Bindegewebestärke an Fremdkörperimplantaten

Autor	Species (Ort)	Material	Belastung	Offen-gedeckt	Bindegewebestärke
Slais (262)	Kaninchen	PMMA	Ø	geschlossen	30 - 50 µm
Spångberg (265)	Ratte (UK)	Guttapercha	Ø	geschlossen	17 - 45 µm
		Teflon	Ø	geschlossen	5 - 25 µm
Homsy (111)	allgemein		+	geschlossen	1 - 3 mm
Greene (zit.159)	Hund	Metallklingen	+	offen	0,4 - 0,5 mm
Kent (132)	allgemein		+	offen	0,1 - 1,0 mm
Rolffs (229)	Minischwein	Ta u. CBS	?	offen	1 µm
Manderson (165)	Minischwein	Titanschraube	?	offen+gedeckt	0,75 - 1,25 mm
					(offen > gedeckt)
Grenoble (132)	allgemein		+	offen	0,25 mm
Bodine (28)	Mensch	Vitalium	+	offen	0,2 - 0,5 mm
Grenoble (80)	Hund	Glaskohle	+	offen	0,33 mm
<u>Eigene Meßergebnisse:</u>					
	Hund	Titan-Klingen	+	offen	0 - 1,4 mm
				Durchschnittswert	
				insgesamt	0,41 mm
				Unterkiefer	0,31 mm
				Oberkiefer	0,57 mm
				unbelastet	0,63 mm

Mitarbeiter (295) mit Hilfe der Finite-Element-Analyse im Computer die Spannungsverteilung durch die Periodontalmembran am Zahn und am Implantat bestimmt. Die theoretisch optimale Stärke der Membran lag bei 0,4 mm und erbrachte eine annähernd zehnfache Reduktion des mechanischen Streß im Vergleich zu einem Implantat ohne Membran. Eine geringere Membranstärke erlaubte keine wesentlich günstigere Belastungsverteilung.

Ebenfalls durch Computeranalyse kommen Atmaram und Mohammed (9) zu ähnlichen Ergebnissen, nämlich daß bei sehr steifen Implantatwerkstoffen mit hohem Elastizitätsmodul (z.B. Vitalium) die günstigste Stärke der Pseudoperiodontalmembran bei ca. 0,3 mm liege. Bei knochenähnlichem E-Modul (z.B. vitreous carbon) würde dagegen eine dünne oder ganz fehlende Pseudoperiodontalmembran am besten die implantatinduzierten Kräfte auf den Knochen weiterleiten. Die interessante Übereinstimmung zwischen rechnerisch ermittelter, optimaler Membranstärke und den experimentell von uns gefundenen Werten deutet auf eine funktionsentsprechende Anpassung der Bindegewebsstruktur hin.

Dagegen halten Kent et al. (132) angesichts der modernen Materialforschung mit porösen Implantatwerkstoffen, die dem Knochen einerseits das Einwachsen ermöglichen sollen, sich andererseits in ihrem Festigkeitsverhalten dem Knochen angleichen, es für eine offene Frage, ob eine bindegewebige oder ankylosenartige Verankerung des Implantates im Knochen wünschenswert ist.



Graphik VII

Schematische Darstellung des Elastizitätsverhaltens von Implantatmetall und Knochen (nachgezeichnet nach Homsy et al., 111). Bei gleicher Krafteinwirkung ist die Deformierung eines Implantatmetalls viel geringer als die des Knochens, was u.U. zu Verschiebungsbewegungen zwischen Implantat und Knochen führen kann.

Während Maeglin (163), Paullus und Gordon (zit. 112), McCoun (zit. 112) und viele andere (Literatur bei 212) der Bindegewebehülle am Implantat eine stoßdämpfende Funktion beimessen, gehen Linkow (159), Babbush (12,14) und Hodosh et al. (109,105,104,110) in der funktionellen Bewertung der Bindegewebemembran einen Schritt weiter und sprechen ihr ähnliche Funktionen zu wie dem Desmodontium. Dieses zeichnet sich dadurch aus, daß seine Sharpey'schen Fasern am Zement in Wurzelmitte etwa in einem Winkel von 50° ansetzen (203) und achsiale Druckkräfte des Zahnes an der lamina interna der Alveole in Zugkräfte umsetzen. Einer solchen Funktionsweise der periimplantären Bindegewebehülle widersprechen zahlreiche Autoren (88,294,203, 123 u.a. Literatur bei 212), weil in der Regel an Dentalimplantaten oberflächenparallele Bindegewebefasern gefunden worden sind, die nicht direkt am Implantat im Sinne Sharpey'scher Fasern inserieren konnten.

Auch bei unseren feingeweblichen Befunden überwiegen die Faserzüge, die parallel zur Implantatoberfläche ausgerichtet sind und wahrscheinlich Zugwirkungen nicht übertragen können. Daneben finden sich aber auch quergetroffene, vermutlich zirkulär um das Implantat laufende Bindegewebebündel, die pinselartig an vorspringenden Zacken von Faserknochen inserieren. Ähnliche Befunde erheben Hoppe (112) und Reichenbach und Köllner (219) an subperiostalen Gerüstimplantaten. Sie diskutieren die Möglichkeit, daß über Bindegewebeschlaufen, in denen das Gerüst aufgehängt sei, eventuell günstige

Zugwirkungen auf den Alveolarknochen ausgeübt werden können. Jahn und Mitarbeiter (119) zeigen die bindegewebige Aufhängung an der Basis eines Blattimplantates (siehe Abb. 58), was Zugwirkungen am umliegenden Knochen ermöglichen könnte. Auch wir möchten unsere Befunde dahingehend verstehen, daß die Bindegewebehülle stellenweise den Implantatfortsatz umfassen und bei Belastung gewisse Zugwirkungen auf den Knochen übertragen kann. Dennoch muß man annehmen, daß der überwiegende Teil der Druckkräfte in den Lageranteilen mit oberflächenparallelem Bindegewebeverlauf nur als Druck wirksam werden kann. Ein Indiz dafür stellt die starke Kompression der implantatnahen Bindegewebsfaserzüge dar, wie wir sie weitgehend an allen Implantaten beobachten können.

Inwieweit der von uns und anderen Autoren (116,28,33) beschriebene schichtweise Aufbau der periimplantären Bindegewebehülle Ausdruck einer funktionellen Anpassung ist, wie z.B. Hoppe (112) vermutet, und wie es die oben erwähnte Computeranalyse von Widera et al. nahelegt, läßt sich nicht eindeutig beantworten.

Bodine und Mohammed (28) demonstrieren an Schnittpräparaten von einem belasteten Gerüstimplantat ein "typisches, kondensiertes Implantatbindegewebe" mit oberflächenparalleler Ausrichtung der zum Teil sehnenähnlichen Kollagenfasern. Die Autoren sind der Auffassung, daß reine funktionelle Belastung nicht allein diese Umstrukturierung ausgelöst haben könne, da sich komprimiertes Bindegewebe in gleicher Weise oberhalb wie unterhalb des Implantates



Abbildung 58

Lagergewebe im Bereich der Spitze eines Blattimplantates nach Linkow (Liegezeit ca. 7 Mon., *Macaca speciosa*, intensive kaufunktionelle Belastung) nach einem histologischen Präparat von Jahn et al. (119) gezeichnet. Die Bindegewebsfasern nehmen ihren Ursprung im benachbarten Knochen, ziehen schräg gegen die Implantatbasis, unter dieser hindurch und strahlen weiter oben wieder in den Knochen ein, so daß sich eine Art bindegewebiger Implantataufhängung ergibt.

fand, obwohl Druckkräfte nur unterhalb des Implantates wirksam werden.

Die Kompression oberflächennaher Bindegewebsfasern muß nicht die Folge einer Druckbelastung auf das Implantat von außen sein, sondern ist auch als Ergebnis von Schrumpfungsvorgängen im periimplantären Narbengewebe denkbar, auf die Arnaudow (5) hinweist. Ebenfalls als Resultate

einer Narbenschumpfung sind die Untersuchungsbefunde von Contzen (45) interpretierbar, der an gewölbten Kunststoffscheiben nachweisen konnte, daß eine dünne Bindegewebehülle stets über der Konvexität, eine dicke Membran dagegen in der Regel über der Konkavität anzutreffen war.

Die halbmondörmigen Bindegewebeverdickungen, wie wir sie in den Perforationsräumen mehrerer Blattimplantate vorfanden, könnten durch derartige Schrumpfungsvorgänge verursacht sein. Wie das Präparat vom Tier 1625, Unterkiefer rechts, verdeutlicht, kann es aufgrund entzündlich-infektbedingter Prozesse, die vom Pfeilerdurchtritt ihren Ausgang nehmen, zur Einschmelzung und bindegewebigen Transformation des Lagerknochens im oberen Anteil der Perforation kommen. Nach Abklingen der Infektion bleiben durch Granulationsgewebe verdickte Membranbezirke zurück, in denen die kollagenen Fasern bei der einsetzenden Narbenschumpfung die Implantatfortsätze auf dem kürzesten Wege verbinden, so daß halbmondförmige Polster bestehen bleiben.

Narbenschumpfung, Infektion und biomechanische Belastung sind wohl nicht die einzigen Faktoren, welche neben dem Material und der Formgebung des Implantates die bindegewebige Reaktion beeinflussen. Betrachtet man ein Präparat von Babbush (12), das ein basal geschlossenes Blattimplantat mit einer kranialen und kaudalen halbmondförmigen Gewebsformation in einem Kreissegment zeigt, so fällt die abschließliche Interpretation durch postinfektiö-

se Narbenschumpfung schwer und man fragt sich, ob nicht noch andere, unbekannte oder zufällige Faktoren eine Rolle spielen.

Abschließend zu dem Komplex "Implantatbindegewebe" möchte ich noch auf ein Ergebnis hinweisen, das für die klinische Beurteilung von Implantaten bedeutsam sein kann. Die histologischen Messungen der Bindegewebestärke, wie die röntgenologischen Studien der Versuchsreihe I legen in Verbindung mit den Literaturangaben der Tabelle IX den Schluß nahe, daß eine periimplantäre Bindegewebemembran an Blatt- und Nadelimplantaten, die über einen längeren Verlauf die Stärke von ca. 1 mm übersteigt, ein pathologisches und prognostisch ungünstiges Zeichen ist. Entsprechende periimplantäre Radioluzenzen auf Röntgenbildern sind sicher ebenso zu werten.

Auf letztlich offene Fragen stößt man, wenn man die Reaktion des knöchernen Lagers funktionsentsprechend zu deuten versucht. Der direkte Kontakt des Knochengewebes mit einem Titanimplantat, wie auch von Richards (225) beschrieben, fand sich nur bei einem Tier (1785), aber gleichzeitig an drei Implantaten. Dies macht zufällige Fehler bei der Herstellung des Präparates unwahrscheinlich und weist darauf hin, daß bei der Ausprägung des Knochenlagers ein konstitutioneller Faktor im Spiel ist, wie er von zahlreichen Autoren (Literatur siehe bei 212) auch beim Menschen vermutet wird.

Will man annehmen, daß analog dem Wolff'schen Gesetz⁺ (300) die Knochenbildung entsprechend

⁺ Wolff'sches Gesetz (300): "Bei einer gegeb-

der funktionellen Belastung ausgerichtet ist, so sind die Regionen des Implantatlagers einer genaueren Betrachtung zu unterziehen, in denen eine stärkere Beanspruchung stattfindet.

Nach gemeinsam mit Ficker durchgeführten spannungsoptischen Untersuchungen (212,215) sind dies bei den Blattimplantaten mit ovalen Perforationen im wesentlichen die Rundung an der Implantatschulter und der Raum zwischen den Implantatfortsätzen (siehe Graphik V, Abb. 57a und b). Wie in der Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zahlenmäßig belegt wird, waren diese Bezirke zum größten Teil mit Knochen ausgefüllt. Während beispielsweise innerhalb der Perforationsräume, in denen geringere Belastungen zu erwarten sind, die spongiöse Knochenstruktur sehr variabel und in ganz unterschiedlicher Dichte angelegt ist, fehlte das Knochengewebe auf dem engen Raum zwischen den Implantatfortsätzen nur in ganz wenigen Fällen (2 von 27). Die auffallend konstante Existenz von Knochengewebe auf einem eng umschriebenen und definierten Raum im Implantatlager, der als Zone besonderer Belastung anzusehen ist, kann ein Hinweis dafür sein, daß hier knöcherne Substanz als Folge eines funktionellen Reizes gebildet und erhalten worden ist.

Um einige Implantate (Tier 1625 Unterkiefer links, Tier 40 Unterkiefer links, Tier 40

+ nen Form des Knochens legen oder verlegen sich die Knochenelemente in die Richtung des funktionellen Drucks und erhöhen oder verringern ihre Substanz entsprechend der Stärke des funktionellen Drucks."

Oberkiefer rechts) verläuft fast vollständig eine kontinuierliche, kompakte Knochenlamelle, die ein gewisses Gleichgewicht zwischen kaufunktioneller Belastung und struktureller Anpassung des Knochens andeutet. Weitergehende Angaben etwa über eine funktionelle Ausrichtung des Trabekelwerkes der Spongiosa, wie sie beispielsweise vom menschlichen Femurkopf bekannt ist, sind aufgrund unserer Untersuchungen nicht möglich. Um das Knochenwachstum unter mechanischer Beanspruchung genauer zu studieren, sind andere Methoden erforderlich, z.B. die Sequenzfluoreszenzmikroskopie (171), Versuche mit Zellkulturen (24) und Radioisotopenuntersuchungen mit ^{45}Ca und ^3H -Prolin (94), welche die Kollagensynthese und den Mineralisationsgrad erkennen lassen.

An dieser Stelle ist etwas näher auf die Zusammenhänge zwischen Knochenregeneration, Implantatbelastung und Schienung einzugehen. Die ungeschienten Implantate in unserer Versuchsserie II waren, da ohne Kontakt zu einem Antagonisten, kaufunktionell nicht belastet worden, während die restlichen Allenthesen über ihr Schienungselement, die Palliagbrücken, durchaus einer Kaubeanspruchung unterworfen waren.

Das Fehlen der kaufunktionellen Belastung bei zwei Blattimplantaten bedeutet nicht, daß diese Implantate völlig frei von Krafteinwirkungen in der Mundhöhle geblieben sind. Die aus der Schleimhaut ungekürzt hervorragenden Pfeiler waren dem Druck der Nahrungsmittel, der Zunge und der Wangenweichteile, der beim Menschen ganz erheblich sein kann (76a, 249a,

298a), sowie den Kräften beim spielerischen Beißen der Tiere ausgesetzt. Die Mehrzahl dieser Krafteinwirkungen dürfte im Gegensatz zu den Kaukräften nicht achsial, sondern lateral auf den Implantatpfeiler einwirken. Wie die bereits erwähnte spannungsoptische Untersuchung von Randzio und Ficker (215) gezeigt hat, und die Studie von Vajda und Fung (285) bestätigt dies, führen solche Lateralkräfte am Blattimplantat zu stärkster Beanspruchung des Knochenlagers. Es ist gut vorstellbar, daß bei seitlicher Richtung auch geringe, scheinbar unbedeutende Kräfte die Toleranzgrenze des Lagergewebes überschreiten können. Knochenabbau und Lockerung der Allenthese sind die Folge. Solchen ungünstigen Lateralkräften sind auch die geschienten Implantate ausgesetzt. Anscheinend können Blattimplantate, wenn sie im starren Verbund mit dem Restgebiß stehen, derartige Belastungen wesentlich besser tolerieren, wie die optimale Knochenregeneration bei der Mehrzahl der geschienten Implantate in der Versuchsreihe II vermuten läßt.

Die Einheilungschancen der kaufunktionell unbelasteten Implantate ist offensichtlich nur dann schlecht, wenn ihr Pfeiler so lang ist, daß Seitenkräfte entsprechend den Hebelgesetzen besonders stark angreifen können. Nach den tierexperimentellen Untersuchungen von Heuser et al. (102), Jacobs (117) und Picton et al. (203) können freistehende, unbelastete Implantate auch ohne Schienung stabil bleiben, sofern der in die Mundhöhle tretende Pfosten sehr kurz ist oder mit der Schleimhaut ab-

schließt.

Unter günstigen Umständen wird die postoperative Knochenregeneration durch das Implantat und die von ihm ausgehenden Mikrobewegungen nicht wesentlich gestört, wie den Berichten von Meenaghan et al. (171), Cameron et al. (35) und Bruns-ki et al. (33) zu entnehmen ist. Hassler und Mitarbeiter (94) geben sogar tierexperimentell ermittelte Werte für die mechanische Spannungsverteilung an, unter der es zur optimalen Knochenregeneration gekommen ist.

Lemons et al. (154) und Kirschner et al. (138) äußern dagegen die Ansicht, der morphologisch perfekte Implantat-Knochen-Verbund ohne bindegewebige Zwischenlage, den sie bei ihren Tierversuchen beobachten konnten, sei nur zustande gekommen, weil die Implantate keinerlei funktioneller Beanspruchung ausgesetzt worden seien. Barattieri et al. (17) haben bei dem fluoreszenzmikroskopischen Vergleich geschlossener (= unbelasteter) und offener, gering belasteter Titan-Blattimplantate im Hunderversuch keinen Unterschied in der postoperativen Osteogenese gesehen.

Diese neueren Untersuchungen zur Frage der Knochenregeneration unter Implantatbelastung zeigen Widersprüche auf. Unter welchen Bedingungen im einzelnen der Knochen mechanische Beanspruchung optimal toleriert, ist im Zusammenhang mit Dentalimplantaten sicher noch nicht geklärt. Als Fazit aus diesen Berichten wie auch aus unseren Versuchsergebnissen erscheint jedoch die Forderung sinnvoll, die kaufunktionelle Belastung von Kunstzahnwurzeln so gering wie möglich zu halten und durch weitgehende

Verblockung der Implantate mit dem Restgebiß für eine großflächige Verteilung der einwirkenden lateralen und achsialen Kräfte zu sorgen.

Nachdem wir bei unseren tierexperimentellen Implantaten, soweit sie exakt geschient waren, in der Mehrzahl eine gute knöcherne Heilung mit fast kompletter ossärer Umwachsung der Fremdkörper gesehen haben, stellt sich die Frage nach der osteoplastischen Aktivität der Versuchstiere. Unter anderem ist diese Größe entscheidend für die Übertragbarkeit der Versuchsaussagen auf den Menschen.

Wie wir von den Hunderversuchen Axhausens wissen, die zu seiner klassischen Osteoblastentheorie geführt haben, ist der Hund als Versuchstier für Knochenstudien geeignet, weil bei ihm die knöchernen Umbau- und Regenerationsvorgänge ähnlich wie beim Menschen ablaufen (116,84, zit. 161,240).

Obwohl bei unserem Versuch die Tiere mit ein bzw. zwei Jahren biologisch wesentlich jünger sind als die Patienten, die in der Regel ein Implantat benötigen, so zeigen die Ergebnisse der Versuchsreihe I sehr aufschlußreich, daß bei ungünstigen Implantat- Suprastrukturen auch der widerstandsfähige Kieferknochen des Hundes überfordert werden kann und osteodestruktiv zu reagieren vermag.

Abschließend ist noch auf die S i n u s - p e r f o r a t i o n durch Blattimplantate einzugehen, eine Komplikationsmöglichkeit, die wir im Tierversuch an vier Klingenimplantaten studieren konnten. Nach Orlay (191) ist das

Eindringen einer Transfixationsnadel in das Antrum ohne Bedeutung, weil die Kieferhöhlenschleimhaut das Implantat ebenso gut tolerierte wie die umgebenden periapicalen Gewebe. Bei unseren tierexperimentellen Titanklingens-implantaten war dies durchaus nicht der Fall. Es entwickelten sich Entzündungen der Kieferhöhle verschiedenen Ausmaßes und zum Teil eitriger oder chronisch polypöser Natur. Entzündliche Zellinfiltrate durchsetzten stets auch das unmittelbare Lagergewebe der Implantate. Die zum Teil metaplasiierte Antrumschleimhaut proliferierte - von Drüsengewebe begleitet - in mehreren Fällen am Implantat entlang in Richtung zur Mundhöhle. Interessanterweise schien die Wucherungstendenz der Sinusschleimhaut deutlich stärker zu sein als die des oralen Tascheneithels.

Während Harris und Lossin (90) bei der Antrum-perforation mit Titan-blade vents nur eine entzündliche lymphocytäre Infiltration und bindegewebige Abdeckung der Implantate vorfanden, bestätigen die Untersuchungen von Natiella et al. (182) am Versuchstier und die Beobachtungen von Pape et al. (194) und Tetsch (279) am Menschen in vollem Umfange unsere Befunde. Falls durch ein enossales Implantat eine Irritation der Kieferhöhle eingetreten ist, sollte die Kunstwurzel unbedingt entfernt werden. Dabei ist mit tiefengewucherter Kieferhöhlenschleimhaut zu rechnen, die man beseitigen sollte, damit es nicht zu seiner Mund-Antrum-Fistel kommt.

Zusammenfassend möchte ich folgende Ergebnisse und Schlußfolgerungen aus der Versuchsreihe II hervorheben:

1) Titanblattimplantate nach Linkow (Typ E 8 S, L 4 S, L 6 D, E 6 S, E 20S, E 12 S) erscheinen wegen der weniger traumatisierenden Formgebung erfolgversprechender als die Nadelimplantate nach Scialom und ein Ag-Pd-Klingenimplantat in einer modifizierten Formgebung nach Heinrich.

2) Nicht belastete und ungeschiente Blattimplantate neigen zur Lockerung und Taschenbildung.

3) Die durchschnittliche Taschentiefe (histologisch 3,1 mm) ist im Oberkiefer mit 3,9 mm größer als im Unterkiefer mit 2,4 mm. Auch die Bindegewebehülle, deren Stärke zwischen 0 und 1,4 mm schwankte, war mit durchschnittlich 0,57 mm im Oberkiefer dicker als im Unterkiefer mit 0,31 mm. Diese Unterschiede des Implantatlagers finden vermutlich eine Ursache in der verschiedenartigen Knochenstruktur von Ober- und Unterkiefer. Sie können einen Hinweis darauf geben, warum enossale Oberkieferimplantate eine etwas schlechtere Prognose besitzen als solche im Unterkiefer.

Eine periimplantäre Bindegewebemembran, die über eine längere Strecke die Stärke von ca. 1 mm übersteigt, oder entsprechende periimplantäre Radioluzenzen im Röntgenbild eines Implantates, sind ein pathologisches und prognostisch ungünstiges Zeichen.

5) Bei knapp der Hälfte der tierexperimentellen Klingenimplantate waren diffuse entzündli-

che Zellinfiltrate im Pfeilerbereich feststellbar. Scheinbar unabhängig vom Entzündungsgrad trat wiederum etwa bei der Hälfte der Pfeiler eine Tendenz zum Epitheltiefenwachstum auf. Da entzündliche Zellinfiltrate im Gegensatz zum tiefengewucherten Epithel reversible Symptome sind, läßt sich aus einem histologischen Präparat, das nur die Momentaufnahme aus einem Prozeß darstellt, nicht ohne weiteres der Schluß ziehen, Epitheltiefenproliferation laufe am Implantat ohne Entzündungsreaktionen ab. In Übereinstimmung mit der Mehrzahl der Autoren vermuten wir, daß fortgeschrittene Epitheltiefenproliferation am Implantat auf dem Boden einer genetisch festgelegten Disposition durch Überlastung und Infektion ausgelöst wird.

6) Die Ausprägung der Fremdkörpermembran hängt von zahlreichen Faktoren ab: Biodynamik des Implantates, Implantationsort, physikalisch-chemische Materialeigenschaften, Oberfläche und Oberflächengeometrie des Implantates, Infektion, gedecktes oder offenes Implantat.

Die Funktion der periimplantären Bindegewebehülle ist nicht mit der des Desmodontiums gleichzusetzen. Unterschiede bestehen in der Morphologie, dem Wirkungsmechanismus und der Effektivität. Der größte Teil der Faserzüge in der periimplantären Bindegewebemembran verläuft oberflächenparallel und kann daher Druckkräfte bestenfalls "abgepuffert" auf den Knochen übertragen. Ein Teil der Faserzüge zieht vermutlich zirkulär um das Implantat und zeigt pinselartige Insertionen an vorspringendem Fa-

serknochen, was die partielle Übertragung von Zugwirkungen auf den Knochen vermuten läßt.

Die Kondensierung der implantatnahen Bindegewebefasern in der beschriebenen Schichtung muß nicht allein Zeichen einer funktionellen Anpassung der Bindegewebehülle sein, sondern kann als Folge von Narbenschumpfung interpretiert werden. Diese Auffassung könnte auch andere strukturelle Besonderheiten (halbmondförmige Verdickung der Bindegewebemembran unter konkaven Implantatformen, Kondensierung der Bindegewebefasern über vorspringenden Kanten und in Bereichen, wo keine Druckkräfte von außen einwirken) anschaulich erklären.

7) Die Mehrzahl der Implantate war im Hinblick auf die knöcherne Reparation optimal eingeteilt. Die Bereiche des Implantatlagers, die nach spannungsoptischen Untersuchungen eine besondere mechanische Beanspruchung erwarten lassen, also die Zonen um die Implantatschultern und die Engstellen zwischen den Implantatfortsätzen, waren fast immer verknöchert. Die relativ konstante Ausbildung des anderweitig sehr variablen Knochengewebes auf einem eng begrenzten Raum, der starker Belastung ausgesetzt ist, spricht für eine funktionelle Anpassung der Osteogenese im Sinne des Wolff'schen Gesetzes.

8) Blattimplantate dürfen nicht den Sinus maxillaris tangieren, weil es zu Entzündungen der Kieferhöhle und des Implantatlagers kommen kann. Die Antrumschleimhaut proliferiert am Implantat entlang in Richtung zur Mundhöhle. Sol-

che Implantate müssen zusammen mit der gewucherten Kieferhöhlenschleimhaut entfernt werden, um eine Mund-Antrum-Verbindung und ihre Folgen zu vermeiden.

9) Bei der histologischen Untersuchung des Implantatlagers sind nirgendwo atypische oder malignitätsverdächtige Zellen entdeckt worden.

10) Obwohl die Reaktion des Knochengewebes von Hunden nach dem Urteil zahlreicher Autoren recht gut mit der des Menschen übereinstimmt, dürfen die Versuchsaussagen wie bei allen Tierexperimenten nur mit Vorsicht auf den Menschen übertragen werden.

Die ungünstigen Resultate der Versuchsreihe I im Vergleich zur Versuchsserie II zeigen jedoch, daß auch beim Hund gewisse Implantat- und Suprastrukturen die günstige osteoplastische Tendenz des Kieferknochens überfordern können. Die anschließenden osteodestruktiven Vorgänge laufen ähnlich wie beim Menschen ab. Ihre Analyse sollte es ermöglichen, die Zahl der Mißerfolge mit enossalen Dentalimplantaten zu reduzieren.

3. Zusammenfassung

An 11 Hunden wurden 6 Ta-Nadeltripods, 6 Palliag-Klingenimplantate und 15 Ti-Blattimplantate eingepflanzt, alle bis auf 2 Ti-Implantate durch Brücken kaufunktionell belastet.

Während 24 Wochen gingen 3 Nadelimplantate und 4 Palliag-Implantate verloren. Von den Ti-Implantaten wurde innerhalb 9 Monaten keines abgestoßen, die beiden unbelasteten zeigten jedoch deutliche pathologische Symptome.

Die Mehrzahl der Abstoßungen erfolgte um die 9. postoperative Woche, der ca. 2 - 3 Wochen vorher eine Zunahme der Implantatbeweglichkeit und der entzündlichen Symptome im Peripilastrium vorausging. Dieser Zeitraum stellt offensichtlich eine besonders komplikationsreiche Phase dar, in der die Implantate biomechanisch nicht überlastet werden sollten. Zum Schutz vor übermäßiger Bewegung sollten Nadel- und Blattimplantate starr am Restgebiß gesichert sein. Metallische Schienungselemente erscheinen dafür besser geeignet als Autopolymerisatbrücken.

Die Ta-Nadelimplantate in der Dreibeinanordnung nach Scialom sind nur gering belastbar. Ihre direkt der Schleimhaut aufliegende Pfeilergestaltung kann eine Schmutznische darstellen und zu entzündlichen Veränderungen der Mucosa und zu Knochenabbau führen. An Ti-Blättern betrug die durchschnittliche Taschentiefe histologisch gemessen 3,1 mm; sie war im Oberkiefer etwas größer als im Unterkiefer.

Auch die periimplantäre Bindegewebehülle, die

durchschnittlich 0,41 mm dick war, zeigte im Oberkiefer eine etwas größere Stärke als im Unterkiefer. Die Funktion der periimplantären Bindegewebehülle ist nicht der des Desmodontiums gleichzusetzen. Der größte Teil der Faserzüge in der unmittelbaren Umgebung des Implantates verläuft oberflächenparallel und kann daher Druckkräfte bestenfalls "abgepuffert" auf den Knochen weiterleiten. Ein Teil der Faserbündel zieht wahrscheinlich zirkulär um das Implantat und zeigt pinselartige Insertionen an zahnartig vorspringendem Faserknochen, was in gewissem Umfange auch Zugwirkungen auf den Knochen möglich erscheinen läßt. Die Kondensierung der implantatnahen Bindegewebefasern muß nicht allein Zeichen einer funktionellen Ausrichtung der periimplantären Bindegewebemembran sein, sondern kann zum Teil als Folge von Narbenschumpfung interpretiert werden.

Die knöcherne Einheilung der Mehrzahl der Ti-Blattimplantate ist als optimal zu bezeichnen. Die relativ konstante Existenz von Knochengewebe an eng umschriebenen Stellen, die besondere mechanische Belastung erwarten lassen, spricht für eine funktionelle Anpassung der Osteogenese im Sinne des Wolff'schen Gesetzes.

Blattimplantate dürfen nicht den sinus maxillaris tangieren, weil es zu Entzündungen der Kieferhöhle und des Implantatlagers kommen kann. Bei der Entfernung solcher Implantate ist mit tiefengewucherter Kieferhöhlenschleimhaut zu rechnen, die ebenfalls beseitigt werden sollte, um eine Mund-Antrum-Fistel zu vermeiden.

4. Literatur

Für die häufiger wiederkehrenden Zeitschriftentitel wurden folgende Abkürzungen gewählt:

AOS	Acta odontologica Scandinavica
DA	Dental abstracts
DC	The Dental Cosmos
DD	The Dental Digest
DDZ	Das deutsche Zahnärzteblatt
DS	Deutsche Stomatologie
DZZ	Deutsche zahnärztliche Zeitschrift
FS	Fogorvosi szemle
ID	L'information dentaire
IDJ	International dental Journal
IOS	L'Informatore Odonto-Stomatologica
JADA	The Journal of the American Dental Association
JDRes	Journal of Dental Research
JOITS	Journal of oral implant and transplant surgery
JPD	The Journal of Prosthetic Dentistry
OI	Oral Implantology
OI (DGZI)	Orale Implantologie
OralSurg	Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology
Quin	Die Quintessenz der zahnärztlichen Literatur
RFOS	Revue Francaise d'Odonto-Stomatologie
RIS	Rivista Italiana di Stomatologia
RMSO	Revue mensuelle suisse d'Odontologie/Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde

ZM	Zahnärztliche Mitteilungen
ZP	Zahnärztliche Praxis
ZWR	Zahnärztliche Welt und Zahnärztliche Reform
VB	steht für Verhandlungs- oder Tagungsbericht

1. Abel, H., Die Befestigung implantierten Porzellan-Zahnersatzes mittels Wiplakiefer-schrauben. Zahnärztliche Rundschau, 22 (1934), 870.
2. Ackermann, R., Die Nadelimplantate. Lizenz-
ausgabe Verlag Julien Prelât, Paris, Copyright
by D.A.I.O.S., Bremen 1969.
3. Adell, R. et al., Intraosseous anchorage of
dental prostheses II. Scand. J. Plast. Recon-
str. Surg., 4 (1969), 19.
4. Armitage, J., Natiella, J., Greene Jr., G.,
Meenaghan, M., An evaluation of early bone
changes after the insertion of metal endosseous
implants into the jaws of rhesus monkeys.
OralSurg, 32 (1971), 558.
5. Arnaudow, M., Gibt es subperiostale Implan-
tate? DZZ, 17 (1962), 336 und 18 (1963), 312.
6. Ders., Problematik der enossalen Implan-
tation. Aus: J. Münch (Hrsg.): Die prothetische
Versorgung des zahnlosen Unterkiefers mit Ein-
schluß der Implantation. Schriften zur Praxis
des Zahnarztes, Bd. 2, Werk-Verlag Dr. E. Ba-
naschewski, München - Gräfelfing 1972.
7. Arnaudow, M., Garlichs, U.A., Spreter von
Kreudenstein, Th., Reimplantation mit Hilfe
von Kunststoff. ZP, 23 (1972), 175.
8. Ashman, A., The adrylic resin tooth implant.
JPD, 29 (1973), 549.
9. Atmaram, G.H., Mohammed, H., Effect of
Pseudo Periodontal Ligament Properties on
Stresses Around Tooth Implants. IADR Abstracts,
(1979), 298, No. 825.
10. Axhausen, G., Die Gewebsüberpflanzungen.
Allgemeine Chirurgie in der Zahn-, Mund- und

Kieferheilkunde. 3. Aufl., Carl Hanser-Verlag München, 1947, S. 114.

11. Babbush, C.A., Endosseous blade vent implants: a research review. OralSurg, 30 (1972), 168.

12. Ders., Enossale Blattimplantate. Aus J. Münch (Hrsg.): Möglichkeiten und Methoden der Implantologie. Werk-Verlag Dr. Edmund Banaschewski, München - Gräfelfing 1976.

13. Babbush, Ch.A., Banks, B.A., Weigand, A.J., Endosteal blade - vent implants modified by ion beam sputtering techniques. OI, 8 (1979), 509.

14. Babbush, C.A., Staikoff, L.S., The scanning electron microscope and the endosteal blade-vent implant. OI, 4 (1974), 373.

15. Bader, F., Chirurgische Möglichkeiten bei schlechtem Prothesenlager. Med. Diss. München 1972.

16. Ballintyn, N.J., Spector, M., Porous polysulfone as an attachment vehicle for orthopedic and dental implants. Biomat., Med., Dev., Art. Org., 7 (1979), 23.

17. Baratieri, A., Sacchi, A., Miani, C., Bone changes incident to blade-vent implants. Jour. Biol. Buccale, 6 (1978), 121.

18. Barladjan, J., Probleme des subperiostalen Stahlimplantates. Zahnärztliche Welt, 22 (1954), 622.

19. Baumhammers, A., Baumhammers, I., Periodontal considerations of endosseous implants. J. Periodont., 43 (1972), 135.

20. Behrman, St.J., Egan, F., Implantation of magnets in the jaw to aid denture retention.

- New York State Dental J., 19 (1953), 353.
21. Benson, D., Reisbick, M.H., Furstman, L.L., Ceramic coated subperiosteal implants. II. Clinical and histologic evaluations. JPD, 31 (1974), 323.
22. Berman, N., Methoden zur Verbesserung von Implantatprothesen. Quin, 6 (1955), 1.
23. Berndt, M., Erhaltung der Zähne. (1771). Ref. Zahnärztl. Wochenblatt, 11 (1898), 367.
24. Binderman, J., Cox, J.C., Effect of Mechanical Stress on Cultured Periosteum Cells: Stimulation of DNA Synthesis. JDRes, 56 (1977), special issue B, AADR Abstracts No. 86, S. B 73.
25. Block, W., Beckstroem, J., Jonometrische Untersuchungen zur Metallose der Gewebe. Langenbecks Arch. u. Deutsches Z. Chir., 277 (1953), 89.
26. Bloom, R., Folke, L.E.A., Le Febrve, J., Metallic Root Substitutes. JDRes, special issue B, 55 (1976), B 195.
27. Bodine, R.L., Canine experimentation with subperiosteal prosthodontic implants. J. of Implant Dentistry, 2 (1955), 14.
28. Bodine, R.L., Mohammed, C., The Histologic Study of a Mandible with a Subperiosteal Implant. Aus A.N. Cranin (Hrsg.): Oral Implantology. Ch. C. Thomas, Springfield 1970.
29. Boucher, L.J., Surwillo, E.J., The effects of plastic implants on the jaws and adjacent tissues of the rabbit. JPD, 19 (1968), 514.
30. Brånemark, P.J., et al., Intraosseous anchorage of dental prostheses. I. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg., 3 (1969), 81.

31. Brinkmann, E., "Parodontalbefunde" bei enossalen Implantaten. DZZ, 33 (1978), 52.
32. Brown, B.H., Neff, P.A., Tylanda, A., Acrylic resin tooth implants in rhesus monkeys: A preliminary report. JPD, 22 (1969), 367.
33. Brunski, J., Moccia, A.F., Pollack, S.R., Korostoff, E., Trachtenberg, D., Stages in Bone Repair Around Dental Blade-vent Implants. JDRes, special issue B, 56 (1977), AADR Abstracts 1977, B 79, No. 110.
34. Bunte, M., Strunz, V., Gross, U.M., Brömer, H., Deutscher, K., Vergleichende Untersuchungen über die Haftung verschiedener Implantatmaterialien im Knochen. DZZ, 32 (1977), 825.
35. Cameron, H.U., Pilliar, R.M., Macnab, I., The Effect of Movement on the Bonding of Porous Metal to Bone. J. Biomed. Mater. Res., 7 (1973), 301.
36. Capozzi, L., Contributions cliniques et histologiques a l'etude des inclusions sous-peri-osteées a but prothétique. Rev. Stomatol., 55 (1954), 622.
37. Ceravolo, F.J., Molinari, J.A., Baumhammers, A., Histological Response to Ivory Implanted in Rabbit Mandibles. JDRes, 54 (1975), 561.
38. Cherchève, R., Les implants endo-osseux. Librairie Maloine S. A., Paris 1962.
39. Chiarenza, A., Orale Implantate als Kathoden zur elektrischen Stimulation der Osteogenese im Alveolarknochen. OI (DGZI), 5 (1977), 95.
40. Christensen, R.W., Transosseous implant in

dog - six year success. Aus A. N. Cranin (Hrsg.): Oral Implantology. Ch.C. Thomas, Springfield 1970.

41. Ciriello, G., Toldo, V., Ricerche sperimentali sugli impianti perimascellari. Rassegna trimestrale di odontiatría, 38 (1957), 447.

42. Clark, A.E., Stanley, H.R., Acree, W.A., Kreutziger, K., Thickness of Bonding Layers on Bioglass Dental Implants. IADR Abstracts (1979), 298, No. 824.

43. Cobb, J.R., Subperiosteal Vitallium implants in dogs. OralSurg, 13 (1960), 1153.

44. Coleman, D.L., King, R.N., Andrade, J.D., The Foreign Body Reaction: A Chronic Inflammatory Response. J. Biomed. Mater. Res., 8 (1974), 199.

45. Contzen, H., Grundlagen der Alloplastik. Habil. Schrift, Frankfurt a.M. 1963.

46. Contzen, H., Straumann, F., Paschke, E., Grundlagen der Alloplastik mit Metallen und Kunststoffen. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1967.

47. Cranin, A.N., Cranin, S.L., The intramucosal insert - a ten-year progress report. JADA, 70 (1965), 621.

48. Cranin, A.N., Rabkin, M.F., Silverbrand, H., Sher, J.H., Satler, N.M., Carbon Coated Endosteal Dental Implants in Humans: A Three Year Study. IADR Abstracts, (1979), 299, No. 829.

49. Cranin, A.N., Rabkin, M.F., Silverbrand, H., Sher, J., Satler, N.M., The Osteogenic Properties of Carbon When Used As An Intraosseous Implant. IADR Abstracts, (1979), 298, No. 826.

50. Cranin, A.N., Rabkin, M.F., Garfinkel, L.,
A statistical evaluation of 952 endosteal im-
plants in humans. JADA, 94 (1977), 315.
51. Cranin, A.N., Schnitman, P.A., Rabkin, M.,
Dennison, Th., Onesto, E.J., Alumina and
Zirconia Coated Vitallium Oral Endosteal Im-
plants in Beagles. J. Biomed. Mat. Res. Sympo-
sium, 6 (1975), 257.
52. Cross, D.L., Baumhammers, A., Guarlotti,
C.A., Ruskin, P.F., Molinari, J.A., Healed
Bone Over and Through Three Month Old Size-
graduaded Blade-vent Implants. J. Periodont.,
45 (1974), 792.
53. Dahl, G.S.A., Some aspects of the use of
intramucosal inserts. JOITS, 12 (1966), 61.
54. Ders., Om möjligheten för implantation i
käken av metallskelett som bas retention för
fasta eller avtagbarer proteser. Odont. Tidskr.,
51 (1943), 440.
55. De Hernández, C.J., Masticatory Force:
Implant Dentures Compared with Conventional
Dentures. Dental Clinics of North America, 14
(1970), 117.
56. Denissen, H.W., de Grooth, K.Ph.D., Imme-
diate dental root implants from synthetic
dense calcium hydroxylapatite. JPD, 42 (1979),
551.
57. Dewey, K.W., Zugsmith, R., Experimental
investigations of the tissue reactions in im-
plantation of artificial teeth and other
foreign bodies. JDRes, 12 (1932), 435.
58. Dietz, G., Zahnerhaltung durch endodonti-
sche enossale Stiftdimplantate. Med. Diss. Mün-
chen 1974.

59. Ders., Endodontisch enossaler Fixations- und Stumpfaufbaustift. DZZ, 30 (1975), 483.
60. Ders., Experimentell horizontal wurzelfrakтуриerte Affenfrontzähne und deren perkana-läre enossale Stiftfixation. DZZ, 31 (1976), 89.
61. Doms, P., The tissue response to endosteal blade implants - microradiographic and tetra-cycline marking (I). OI, 4 (1974), 470.
62. Dördelmann, K., Tetsch, P., Ibing, G., Vergleichende tierexperimentelle Untersuchun-gen zur Bedeutung der Oberflächenstruktur für die Stabilität von Extensionsimplantaten. DZZ, 32 (1977), 280.
63. Driskell, Th.D., Heller, A.L., Clinical use of aluminium oxide endosseous implants. J. oral implantology, 7 (1977), 53.
64. Elze, P., Untersuchungen über die Gewebs-reaktion implantierter Schrauben aus homoio-plastischem und heteroplastischem Knochen und Knorpel im Kieferbereich; eine tierexperimen-telle Studie zur Schaffung einer geeigneten Prothesenretention. Habil. Schrift Jena 1968.
65. Fadenhecht, Aschner, VB Österreichische Zeitschr. f. Stomatologie, 6 (1908), 117.
66. Fitzpatrick, B., A comparative study of some implant materials. Australian Dental Journal, (Dez. 1968), 422.
67. Flander, St., Periodontic, Orthodontic and Endodontic Considerations in Conjunction with Implant Dentistry. The Dental Clinics of North America, 14 (1970), 137.
68. Formiggini, M.S., Protesi dentaria a mezzo di infibulazione diretta endoalveolare. RIS, 2 (1947), 193.

69. Frank, A.L., Abrams, A.M., Histologic evaluation of endodontic implants. JADA, 78 (1969), 520.
70. Frank, E., Zitter, H., Metallische Implantate in der Knochenchirurgie. Springer-Verlag, Wien - New York, 1971.
71. Frantzen, W., Implantieren von Logan-Zahnkronen mit Lithoidwurzeln. Zahnärztl. Wochenblatt, 3 (1889), 2.
72. Fredel, L., Ueber Zahnpflanzung vom historischen und experimentellen Gesichtspunkte. Oesterr.-ungarische V.j.schr. Zahnheilk., 2 (1886), 24.
73. Fröhlich, E., Steinhilber, W., Die offenen Kieferimplantate in der Sicht des Parodontologen. Aus U. Rheinwald (Hrsg.): Die Quintessenz der zahnärztlichen Implantologie. Buch- und Zeitschriftenverlag "Die Quintessenz", Berlin 1971.
74. Galette, J.Fr., Der Zahnarzt für das schöne Geschlecht. Mainz 1816.
75. Gershkoff, A., Goldberg, N., Implant Dentures, Indications and Procedures. J. B. Lippincott Company, Philadelphia 1957.
76. Gettleman, L., Schnitman, P.A., Kalis, P., Feingold, R.M., Nathanson, D., Shklar, G.S., Wolfsoon, M., Shulman, L.B., Clinical evaluation criteria of tooth implant succes. OI, 8 (1979), 12.
- 76 a. Gould, M.S.E., Picton, D.C.A., A study of pressures exerted by the lips and cheeks on the teeth of subjects with normal occlusion. Archives of Oral Biology, 13 (1968), 527.
77. Gourley, I.M., Richards, L.W., Cordy, D.R.,

Titanium endosteal dental implants in the mandibles of beagle dogs: A 2 year study. JPD, 36 (1976), 550.

78. Grasser, H.H., Metallosegefahr durch Osteosynthese - Materialien. DZZ, 27 (1972), 413.

79. Grenoble, D.E., Kim, R.L., Progress in the evaluation of a vitreous carbon endosteal implant. Arizona State Dental Journal, 19 (1973), 12.

80. Grenoble, D.E., Melrose, R.J., Markle, D.H., Histologic Evaluation of Vitreous Carbon Endosteal Implants in Occlusion in Dogs. Biomat. Med. Dev. Artif. Org., 3 (1975), 245.

81. Grohmann, A., Untersuchungen über die Passage von ^{35}S -markierten Mycobakterien und Staphylokokken an der Perforationsstelle von Gerüstpfeilern. Med. Diss. Kiel 1970.

82. Guilford, D., Diskussionsbemerkung DC, 55 (1913), 437.

83. Häfner, W., Titaniumblattimplantate. Firmenprospekt Dr. W. Häfner, Hafenbad 12, D 79 Ulm/Do.

84. Hammer, H., Indikation und Kontraindikation zur subperiostalen Gerüsteinpflanzung. DZZ, 10 (1955), 1101.

85. Hamner, J.E. (II), Oral implantology and oral carcinogenesis in primates. Amer. J. Phys. Anthropol., 38 (1973), 301.

86. Hamner, J.E., Reed, O.M., The Current Status of Artificial Tooth Implantation. Arizona State Dental Journal, 17 (1971), 12.

87. Hamner, J.E., Reed, M.O., Implantable ceramic teeth. J. Biomed. Mater. Res. (Symposium), 4 (1973), 217.

88. Hamner, J.E., Reed, O.M., Hand, A.R., Clinical, radiographic, histologic, and electron microscope observations of plastic tooth implantations in baboons. *OralSurg*, 30 (1970), 555.
89. Harris, R., Implantation of chrome cobalt alloy tooth forms in the rabbit's mandible. *Australien Dental Journal*, 14 (1969), 396.
90. Harris, R., Lossin, Ch., The use of cobalt chromium alloy and titanium endosseous dental implants. *Australian Dental Journal*, 16 (1971), 94.
91. Hary, M., Conception d'une barre de solidarisation d'implants-aiguilles. *ID*, 47 (1965), 2455.
92. Hassler, C.R., McCoy, L.G., Downes, R.H., Racey, G.L., Russel, O.E., Wallace, W.R., Ceramic Tooth Implants in Primates. *JDRes special issue B, IADR Abstracts*, 55 (1976), B 242, No. 724.
93. Hassler, C.R., Messing, G.L., Downes, R.H., Russel, O., Serrated Alumina Tooth Implants in Animals and Humans. *JDRes, IADR Abstracts*, (1979), 298, No. 823.
94. Hassler, C.R., Rybicki, E.F., Simonen, F.A., Weiss, E.B., Measurements of healing at an osteotomy in a rabbit calvarium: The influence of applied compressive stress on collagen synthesis and calcification. *J. Biomechanics*, 7 (1974), 545.
95. Häupl, K., Über das Wesen und die Auswirkungen des funktionellen Reizes des Kausystems. *ZWR*, 60 (1959), 136.
96. Hegedüs, Z., Inke, G., Erfahrungen mit der

Implantation von künstlichen Zahnwurzeln aus Methylmethacrylat. RMSO, 67 (1957), 29.

97. Heinrich, B., Entwicklung und Anwendung der Helicoidal-Tantal-Schraube. Histologische und bioelektrische Untersuchungen und Ergebnisse. Med. Diss. Hamburg, 1972.

98. Heiß, J., Die Gestaltung des Alveolarfortsatzes mit Kunstharzknochenimplantaten. Zahnärztl. Rundschau, 62 (1953), 593.

99. Herschfus, L., Histopathologic findings on Vitallium implants in dogs. JPD, 4 (1954), 413.

100. Ders., Further pathologic studies of implants in dogs. J. of Implant Dentistry, 2 (1955), 20.

101. Ders., Histopathology in animal implantodontics. J. of Implant Dentistry, 5 (1958), 12.

102. Heuser, H., Schmidt, H.F., Bernhardt, H., Hindes, W.Z., Methodisches Vorgehen bei tierexperimentellen histologischen Untersuchungen zur Nadelimplantation. Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 60 (1973), 305.

103. Hodosh, M., Montagna, W., Povar, M., Shklar, G., Implants of acrylic teeth in human beings and experimental animals. OralSurg, 18 (1964), 569.

104. Hodosh, M., Povar, M., Shklar, G., Plastic tooth implants with root channels and osseous bridges. OralSurg, 24 (1964), 831.

105. Dieselben, The anatomic anorganic bone - polymethacrylate endosteal dental implant. OralSurg, 25 (1968), 883.

106. Dieselben, Periodontal reactivity to polymer implants containing cementum and dentin. J. Periodontology, 42 (1971), 691.
107. Dieselben, The porous vitreous carbon - polymethacrylate replica implant. Continuing studies. JPD, 42 (1979), 557.
108. Hodosh, M., Shklar, G., Povar, M., The clinical Use of polymer-coated metal pins as endosteal implants. JPD, 25 (1971), 85.
109. Dieselben, The totally self-supporting tooth replica polymer implant. OralSurg, 33 (1972), 1022.
110. Dieselben, A Vitreous Carbon-Poly-methacrylate Composite for Dental Implants. J. Biomed. Mat. Res., 9 (1975), 97.
111. Homsy, Ch.A., Implant Stabilization. Chemical and Biomechanical Considerations. Orthopedic Clinics of North America, 4 (1973), 295.
112. Hoppe, W., Das Lagergewebe subperiostaler Gerüstimplantate. Carl Hanser Verlag München 1961.
113. Hoppe, W., Tierexperimentelle Untersuchungen über den Epithelansatz am Implantatstift. DZZ, 14 (1959), 287.
114. Hoppe, W., Bremer, H., Experimenteller Beitrag zur enossalen Implantation alloplastischen Materials im Kieferbereich. DZZ, 11 (1956), 551.
115. Izikowitz, L., The superplant - A clinical, radiologic, histologic and bacteriologic follow-up investigation of a type of fixed saddle-bridge. AOS, 24 (1966), Suppl. 47.

116. Jacobs, H.G., Implantologie und Zahnersatz. Experiment und klinisch-praktische Anwendung. 1. Aufl. Carl Hanser München - Wien 1976.

117. Ders., Enossale Schraubenimplantate zur Fixierung von Zahnersatz - eine kritische Betrachtung aufgrund tierexperimenteller Beobachtungen. DZZ, 32 (1977), 299.

118. Jacobs, H.G., Kirsch, Th., Lehnert, S., Vorläufige klinische und histologische Ergebnisse tierexperimenteller Untersuchungen nach Eingliederung von enossalen Implantaten unter Berücksichtigung metallurgischer Gesichtspunkte. DZZ, 29 (1974), 201.

119. Jahn, E., Censi, C., Dähler, Ch., Rahn, B.A., Bindegewebige Aufhängung bei Blattimplantaten. RMSO, 85 (1975), 1143.

120. James, R., A histopathological study of the nature of the epithelium surrounding implant posts. II. OI, 3 (1973), 137.

121. James, R.A., Schultz, R.L., Hemidesmosomes and the adhesion of junctional epithelial cells to metal implants. A preliminary report. OI, 4 (1974), 294.

122. Johns, R.B., The Epithelium Contiguous with the Neck of Intraosseous Dental Implants. J. Biomed. Mater. Res. Symposium, 9 (1975), 263, No. 6.

123. Ders., Experimental studies on dental implants. Proc. R. Soc. Med., 69 (1976), 1.

124. Johnson, N.W., Implant studies in rats. JDRes, 42 (1963), 9.

125. Ders., Method for assessing the reaction

- of the oral tissues of the rat to implant materials. British Dental J., 114 (1963), 411.
126. Kaketa, T., Suzuki, K., Histopathological findings on endo-osseous implants in dogs. Bull. Tokyo Dent. Coll., 10(1969), 61.
127. Kallenberger, K., Maeglin, B., Zur Frage der Einheilungsvorgänge bei Gerüstimplantaten. RMSO, 67 (1957), 300.
128. Karagianes, M.T., Porous metals as a hard tissue substitute. Biomater. Med. Devices Artific. Organs, 1 (1973), 171.
129. Karagianes, M.T., Westerman, R.E., Rasmussen, J.J., Marshall, R.P., Development and evaluation of porous ceramic and titanium alloy dental anchors implanted in miniature swine. J. Biomed. Mater. Res. Symposium, 8 (1974), 391.
130. Karagianes, M.T., Westerman, R.E., Rasmussen, J.J., Lodmell, A.M., Development and Evaluation of Porous Dental Implants in Miniature Swine. JDRes, 55 (1976), 85.
131. Kauffer, H.J., Root Implantation, Physiologic and Mechanical. Dental Items of Interest, 1 (1915), 33.
132. Kent, J.N., DeLong, P., Homsy, Ch.A., Hinds, E.C., Intraosseous dental implants: nature of the interface. JADA, 89 (1974), 1142.
133. Kibrick, M., Munio, Z.A., Lash, H., Fox, S.S., The development of a materials system for an endosteal tooth implant. J. Oral Implantology, 7 (1977), 106.
134. Kirschner, H., Bolz, U., Enomoto, S., Hüttemann, R.W., Meinel, W., Sturm, J., Eine

neue Methode kombinierter auto-alloplastischer Zahnreplantation mit partieller Al_2O_3 -Keramikwurzel. DZZ, 33 (1978), 594.

135. Kirschner, H., Hentzschel, A., Kraus, U., Einpflanzung von Methylmethacryl + TBB Katalysator (Palakav) und keramischer Substanz im Tierversuch. DZZ, 29 (1974), 750.

136. Kirschner, H., Kraus, U., Tierexperimentelle lichtmikroskopische Untersuchung nach Keramik-Implantation in den Kieferknochen. (Kurzbericht). DZZ, 30 (1975), 301.

137. Kirschner, H., Kraus, U., Rasterelektronenmikroskopische Beobachtungen nach Keramik-einpflanzung im Tierexperiment. (Kurzbericht). DZZ, 30 (1975), 302.

138. Kirschner, H., Kraus, U., Histokompatibilität poröser Keramik im Kieferknochen von Cavia cobaya. DZZ, 34 (1979), 723.

139. Klawitter, J.J., Weinstein, A.M., Cooke, F.W., Peterson, L.J., Pennel, B.M., McKinney, R., An evaluation of porous alumina ceramic dental implants. JDRes, 56 (1977), 768.

140. Klawitter, J.J., Weinstein, M.A., Peterson, L.J., A Clinical and Histological Evaluation of Bioglass Dental Implants. JDRes special issue B, IADR Abstracts, 55 (1976), B 244, No. 730.

141. Koeck, B., Sander, G., Über die elastische Deformation der Unterkieferspange. DZZ, 33 (1978), 254.

142. Köhler, St., Retemeier, K., Joecks, L., Miethling, M., Hinz, W., Berger, G., Erste tierexperimentelle Ergebnisse mit Bio-Vitro-keramik-Implantaten. Stomatol. DDR, 29 (1979), 434.

143. Kotthaus, E., Schargus, G., Dalatich, H., Schröder, F., Vergleichende Untersuchungen über verschiedene Methoden der enossalen Implantation im Kiefer (eine tierexperimentelle Studie am Minischwein). (Autoreferat). DZZ, 31 (1976), 165.
144. Kötzel, A., Untersuchungen von Patienten mit Linkow-Blattimplantaten bei Lückengebiss. Med. Diss. Hannover 1975.
145. Kovacs, G., Guzsál, E., Über die Entstehung der bindegewebigen Kapsel bei subperiostalen Implantaten und ihre Bewertung. DZZ, 19 (1964), 901.
146. Kraft, E., Erfahrungen mit Gerüstimplantaten. DS, 8 (1958), 279.
147. Kratochvil, F.J., Boyne, Ph.J., Bump, R.L., Rehabilitation of grossly deficient mandibles with combined subperiosteal implants and bone grafts. JPD, 35 (1976), 452.
148. Krempien, B., Schulte, W., Kleineikenscheidt, H., Lindner, K., Schareyka, R., Heimke, G., Lichtoptische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an der Grenzfläche von Implantaten aus Aluminiumoxid-Keramik im Unterkieferknochen von Hunden. DZZ, 33 (1978), 332.
149. Kristen, K., Krempien, B., Schulz, P., Singer, R., Wörle, M., Heimke, G., Der Einfluß der Form von Aluminiumoxyd-Keramik-Implantaten auf die Verweildauer im Unterkiefer des Hundes. DZZ, 33 (1978), 311.
150. Kydd, W.L., Daly, C.H., Bone-titanium implant response to mechanical stress. JPD, 35 (1976), 567.

151. Langeland, K., Spångberg, L., Methodology and Criteria in Evaluation of Dental Endosseous Implants. JDRes, special issue B, 54 (1975), B 158.
152. Lass, H.D., Klinische und histologische Untersuchungen bei enossalen Implantaten. Med. Diss. Freie Universität Berlin 1972.
153. Lautenbach, E., Neurohistologische Untersuchungen in Granulationsgewebe. DZZ, 18 (1963), 1026.
154. Lemons, J.E., Investigations on the response of primate and rabbit marrow, bone and soft tissues to porous titanium implants. JDRes, special issue B, 54 (1975), B 166.
155. Linkow, L.I., The age of the endosseous implants. Dental Concepts, 8 (1966), 4.
156. Ders., The blade-vent - A new dimension in endosseous implantology. Dental Concepts, 11 (1968), 3.
157. Linkow, L.I., Cherchève, R., Jones, M., Theories and techniques of oral implantology. The C.V. Mosby Company, Saint Louis 1970, Vol. I und II.
158. Loewe, Die Implantation von Elfenbeinwurzeln und ihre Bedeutung für den Zahnersatz. Dtsch. Mschr. f. Zahnheilkunde, 32 (1914), 514.
159. Lovas, J., Somogyvári, K., Alloplastikai állatkiérletek új, porózus kerámiai anyaggal (különös tekintettel a foggyökerek ptlászára). FS, 70 (1977), 263.
160. Lucatorto, F.M., Trieger, N., Knapp, W.J., Tissue compatibility of porous alumina-ceramic. J. S. Calif. Dent. Assn., 40 (1972), 1052.

161. Luhr, H.-G., Die Kompressionsosteosynthese bei Unterkieferfrakturen. Carl Hanser Verlag München 1972.
162. Mack, A., Reactions of the oral tissues to subperiosteal appliances. IDJ, 18 (1968), 779.
163. Maeglin, B., Über das Verhalten von Schleimhaut und Knochen im Bereich subperiostaler Gerüstimplantate. RMSO, 68 (1958), 885.
164. Maloney, P.L., Garland, S.D., Stanwich, L., Shepard, N.S., Doku, H.C., Denture stabilization with peralveolar tubing. JDRes, special issue B, 55 (1976), B 149.
165. Manderson, R.D., Experimental intra-ossous implantation in the jaws of pigs. Dent. practitioner, 22 (1971), 225.
166. Markle, D.H., Grenoble, D.E., Melrose, R.J., Histologic evaluation of vitreous carbon endosteal implants in dogs. Biomat. Med. Dev. Artif. Org., 3 (1975), 97.
167. Maropis, P.S., Molinari, J.A., Appel, B.N., Baumhammers, A., Comparative study of vitreous carbon, pyrolytic carbon, pyrolytic graphite/silicon-carbide, and titanium implants in rabbit mandibles. OralSurg, 43 (1977), 506.
168. Marx, H., Untersuchungen der funktionsbedingten elastischen Deformierung der menschlichen Mandibula. DZZ, 21 (1966), 937.
169. Maurel, G., Les implants sous-périostés en prothèse dentaire. Librairie Maloine S.A., Paris 1960.
170. McGee, T.D., Wood, J.L., Calcium-phosphate-magnesium-aluminate osteoceramics. J. Bio-

- med. Mat. Res., 8 (1974), 137 (Symposium).
171. Meenaghan, M.A., Natiella, J.R., Armitage, J.E., Greene jr., G.W., Evaluation of endosseous metal implant sites in Rhesus monkeys; with special reference to fluorescence microscopy to study the in vivo distribution of newly-forming bone. Biomat. Med. Dev. Artif. Org., 1 (1973), 481.
172. Michieli, S., Leake, D., Freeman, S., Bokros, J., Haubold, A., Pizzoferrato, A., Vapor-deposited carbon-coated tooth root implants: Preliminary evaluation of a stylized tooth implant system in dogs. JPD, 42 (1979), 58.
173. Michieli, S., Leake, D., Pizzoferrato, A., Bokros, J., Biolite TM Carbon Coated Tooth Reproductions. JDRes, IADR Abstracts, (1979), 297, No. 821.
174. Mitscherlich, A., Die Replantation und die Transplantation der Zähne. Arch. klin. Chir., 4 (1863), 375.
175. Mooney, V., Schwartz, S.A., Roth, A.M., Gorniowsky, M.J., Percutaneous implant devices. Annals of Biomedical Engineering, 5 (1977), 34.
176. Morra Greco, A., Attuazione di nuovi accorgimenti tecnici allo scopo di assicurare il successo prognostico del sistema degli impianti endossei a lame Linkow. Rass. internaz. stomat. prat., 24 (1973), 111.
177. Mühlemann, H.R., Zur Mikrostruktur der Implantatoberflächen. RMSO, 85 (1975), 97.
178. Müller, R., VB der 74. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kiefer-

heilkunde in Düsseldorf vom 30. Juli bis
4. August 1937. J.F. Lehmanns Verlag, München
- Berlin 1938.

179. Murphy, W.M., Oral implants in small
laboratory animals. JPD, 26 (1971), 78.

180. Narang, R., Wells, H., Maintenance of
acrylic teeth with decalcified allogenic bone
implanted into fresh extraction sites in
monkeys and dogs. OralSurg, 35 (1973), 436.

181. Natiella, J.R., Armitage, J.E., Meena-
ghan, M.A., Lipani, Ch.S., Greene jr., G.W.,
The failing blade-vent implant. OralSurg,
36 (1973), 336.

182. Natiella, J.R., Armitage, J.E.,
Meenaghan, M.A., Greene, G.W., Tissue response
to dental implants protruding through mucous
membrane. Zitiert nach D.C.A. Picton, 203.

183. Natiella, J.R., Armitage, J.E., Greene
jr., G.W., Meenaghan, M.A., Current evaluation
of dental implants. JADA, 84 (1972), 1358.

184. Nelson, J.F., Stanford, H.G., Cutright,
D.E., Evaluation and comparisons of biodegra-
dable substances as osteogenic agents.
OralSurg, 43 (1977), 836.

185. Nichols, F.C., Semiburied denture implants:
review of literature and experimental study.
J. of Oral Surgery, 12 (1954), 217.

186. Nicole, R., Metallschädigung bei Osteo-
synthesen. Helvetica Chirurgica Acta, Helveti-
ca Medica Acta - Series B. Supplementum III.
(Beilage zu Vol. 14 (1947), Fasc.2). Benno
Schwabe u. Co., Basel 1947.

187. Nilles, J.L., Coletti jr., J.M., Wilson,
C., Biomechanical Evaluation of Bone - Porous

Material Interfaces. J. Biomed. Mater. Res., 7 (1973), 231.

188. Nothdurft, H., Die experimentelle Erzeugung von Sarkomen bei Ratten und Mäusen durch Implantation von Rundscheiben aus Gold, Silber, Platin oder Elfenbein. Die Naturwissenschaften, 42 (1955), 75.

189. Obwegeser, H., Implantate zur Verankerung von partiellem und totalem Zahnersatz. Aus K. Schuchardt (Hrsg.): Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Bd. III, 2. Teil. Verlag Urban und Schwarzenberg, München - Berlin 1959.

190. Oppenheimer, B.S., Oppenheimer, T.E., Stout, A.B., Trans. Assoc. Physicians, (1948), 343 und Proc. Soc. Exp. Med., 67 (1948), 33.

191. Orlay, H.G., Befestigung von lockeren Zähnen mit endodontischen Implantaten. RMSO, 78 (1968), 580.

192. Ders., Advanced Aspects in the Use of Endodontic Implants. Zitiert nach Bodine u. Mohammed, 28.

193. Ott, G., Fremdkörpersarkome. Experimentelle Medizin, Pathologie und Klinik, Bd. 32. Springer-Verlag Berlin - Heidelberg - New York 1970.

194. Pape, H.-D., HeiB, R., Pathologische Befunde bei enossalen und subperiostalen Implantaten. DZZ, 32 (1977), 308.

195. Pasqualini, U., Reperti anatomopatologici e deduzioni clinico-chirurgiche die 91 impianti alloplastici in 28 animali da esperimento. RIS, 18 (1963), 3.

196. Pedersen, K.N., Tissue reaction to submerged ceramic tooth root implants. AOS, 37 (1979), 347.

197. Pedersen, K.N., Haanaes, H.R., Lyng, S.,
Tissue ingrowth into mandibular intrabony
porous ceramic implants. Int. J. Oral Surg.,
3 (1974), 158.
198. Pejrone, G., Zerosi, C., Sebastiani, E.,
Impianto parziale sperimentale su cane e
controlli istopatologici. Rassegna trimestra-
le di odontoiatrica, 37 (1956), 101.
199. Pelletier, M., Implants stellite sous-
périostés en odonto-stomatologie. Julien Pré-
lat, Paris 1960.
200. Peterson, L.J., Klawitter, J.J., Wein-
stein, A.M., Pennel, B.M., McKinney, R.M.,
Clinical Evaluation of Porous Rooted Alumina
Ceramic Dental Implants. JDRS, special issue
B, IADR Abstracts, 55 (1976), B 243, No. 726.
201. Peterson, L.J., Pennel, B.M., McKinney,
R.V., Klawitter, J.J., Weinstein, A.M., Cli-
nical and Histological Evaluation of Porous
Rooted Cobalt-Chromium (Co-Cr) Prosthetic
Teeth. JDRS, special issue B. IADR Abstracts,
55 (1976), B 196, No. 539.
202. Peters, D., Tetsch, P., Pietzsch, S.,
Tierexperimentelle Untersuchungen zur Stabi-
lisierung enossal verankerter Metallimplantate
durch Elektrostimulation. DZZ, 32 (1977), 291.
203. Picton, D.C.A., Johns, R.B., Wills, D.J.,
Davies, W.I.R., The Relationship between the
Mechanisms of Tooth and Implant Support. Oral
Sciences Reviews, 5 (1974), 3 (Biology and
Technology of Oral Prosthetic Implants).
204. Picton, D.C.A., Wills, D.J., The mobility
of horizontally pinned teeth in monkeys and
of endossous blade implants. The British Den-

tal Journal, 139 (1975), 469.

205. Piliero, S.J., Schnitman, P., Pentel, L., Cranin, A.N., Dennison, T.A., Histopathology of oral endosteal metallic implants in dogs. JRes, 52 (1973), 1117.

206. Pinkert, R., Bluth, R., Die Bestimmung der Restmonomerabgabe aus implantierten Kallokryl-K-Körpern und deren Gewebereaktionen am Unterkiefer. Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde, 65 (1977), 259.

207. Pinkert, R., Johannsen, B., Kretzschmer, H., Hildebrand, P., Autoradiographische Bestimmungen der mit ^{14}C -markierten Monomeren und Restmonomeren in den Geweben von Wistar-ratten nach Implantation kaltpolymerisierender Polymethylmethacrylate (Knochenzement). Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde, 67 (1979), 603.

208. Pliess, G., Die reaktive Plastizität des Knochens. DZZ, 24 (1969), 99.

209. Pruin, E.-H., Implantationskurs in der Odonto-Stomatologie. Buch- und Zeitschriftenverlag "Die Quintessenz", Berlin 1974.

210. Pugh, J., Weiss, Ch., Weiss, F., Malkin, D., Design and Biomechanical Evaluation of a Cementable Endosteal Blade Implant. J. Biomed. Mater. Res. Symposium, 7 (1976), 571.

211. Randzio, J., Referat vor der Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie innerhalb der DGZMK in Bad Homburg 21. bis 23. Mai 1976 und auf dem 64. FDI-Kongreß am 30.9.1976 in Athen.

212. Ders., Zur Formgebung enossaler Dentalimplantate (Literaturübersicht und spannungsoptische Untersuchung). OI (DGZI), 3 (1976),

9 und 4 (1977), 7.

213. Randzio, J., Finger, W., Zur Biomechanik enossaler Implantate: Beweglichkeitsmessungen im Modellversuch. DZZ, 29 (1974), 942.

214. Randzio, J., Finger, W., Stern, W., Experimentelle Untersuchungen zur Biomechanik enossaler Implantate. (Autoreferat). DZZ, 29 (1974), 210.

215. Randzio, J., Ficker, E., Spannungsoptik in der Bewertung enossaler Dentalimplantate. ZWR, 86 (1977), 894.

216. Reedy, M.T., Devore, D.T., Thompson, V.P., Histological and physical evaluation of vitreous carbon endosteal implants. OI, 5 (1974), 85.

217. Rees, H., Untersuchungen über die Schrankenfunktion des Epithelansatzes am Implantatstift. Med. Diss. Kiel 1966.

218. Reichart, P., Schlegel, D., Klinische und histologische Untersuchungen an Blatt-Implantaten im Hunderversuch. DZZ, 32 (1977), 284.

219. Reichenbach, E., Köllner, H.-J., Alloplastische Implantate zur Verankerung zahnärztlicher Prothesen. Nova Acta Leopoldina 26 (1963), 1. J.A. Barth-Verlag Leipzig.

220. Reinmöller, Ueber Zahnplantation. VB V. Intern. Zahnärztekongreß in Berlin, 23. bis 28.8.1909, Bd. I, S. 590 (ohne Ort und Jahr).

221. Reisbick, M.H., Benson, D., Ceramic - coated subperiosteal implants. JPD, 31 (1974), 204.

222. Rheinwald, U., Die Bedeutung des Epithels für den Erfolg von Gerüstimplantaten. ZP, 9 (1958), 85.

223. Ders., Die Quintessenz der zahnärztlichen Implantologie. Buch- und Zeitschriftenverlag "Die Quintessenz", Berlin 1971.

224. Ders., Quo vadis, Implantologia? ZM, 61 (1971), 577.

225. Richards, L.W., Gourley, I.M., Cordy, D.R., Titanium endosteal dental implants in the mandibles of dogs: Preliminary studies. JPD, 31 (1974), 198.

226. Riess, G., Heide, H., Köster, K., Reiner, R., Erste klinische und tierexperimentelle Erfahrungen mit Tricalciumphosphat (TCP) - Implantaten. (Autoreferat). DZZ, 33 (1978), 19.

228. Ringelmann, K.J., Der Organismus der Mundhöhle, besonders der Zähne, deren Krankheiten und Ersetzungen für jedermann, insbesondere auch für Eltern und Erzieher und Lehrer. Nürnberg 1824.

229. Rolffs, J., Zander, A., Lukas, D., Implantatdesign und periimplantärer Knochen. Vergleich zweier Schraubenimplantate im Tierexperiment. (Autoreferat). DZZ, 32 (1977), 298.

230. Rusiniak, K., Clinical, radiological, and histological evaluation of intraosteal implants in dogs. Protetyka Stomatologiczna (Warschau), 24 (1974), 173. Ref. Oral Res. Abstr. 10 (1974), 1046.

231. Ders., The effect of tissue environment in dogs after chromium-cobalt implants. Protetyka Stomatologiczna (Warschau), 24 (1974), 183.

232. Russel, T.E., Kapur, S.P., Bone surfaces adjacent to a subperiosteal implant. A SEM study. OI, 7 (1977), 415.
233. Sachs, H., Über das Verhalten des Epithelansatzes im Bereich der perforierenden Zapfen bei subperiostealen Gerüsteimplantationen. Med. Diss. Kiel 1960.
234. Sampaio, R.K.P.L., Santos, W.R., Sertão, J.R.S., Metallic implants in dentistry-bone reaction. Rev. Brasil Odont., 28 (1971), 256.
235. Sanders, B., Calcaterra, Th.C., Block, Ch., Squamous cell carcinoma associated with a subperiosteal implant. J. Oral Med. 33 (1978), 112.
236. Sandhaus, S., Nouveaux aspects de l'implantologie. L'implant C.B.S. Eigenverlag Dr. S. Sandhaus, Lausanne 1969.
237. Ders., Wissenschaftlicher Beitrag zum Gebiet der Oralrehabilitation mit Hilfe des Implantationsverfahrens C.B.S. ZWR, 80 (1970), 597.
238. Sandritter, W., Histopathologie. F.K. Schattauer-Verlag, Stuttgart - New York 1968, S. 20.
239. Sauer, C., VB in Dtsch. V. j. schr. Zahnheilkunde, 21 (1881), 418.
240. Schlegel, D., Freier Knochenersatz im Kieferbereich unter besonderer Berücksichtigung der Fremdimplantate. Carl Hanser Verlag, München 1965.
241. Derselbe, Zahnärztliche Implantologie - eine Literaturübersicht. DZZ, 29 (1974), 176.
242. Schmidtsen, E., Tierexperimentelle und

materialtechnische Untersuchungen zur Implantation "künstlicher Zahnwurzeln". Med. Diss. Kiel 1973.

243. Schmuziger, P., Obwegeser, Verhalten der Schleimhaut bei Implantaten. RMSO, 68 (1958), 890.

244. Schnitman, P., Feingold, R., Gettleman, L., Hodosh, M., Kalis, P., Shklar, G., Woolfson, M., Shulman, L., Anterior - Posterior Site Comparison for Polymer Replica Implants in Baboons. JDRes, special issue B, IADR Abstracts, 55 (1976), B 197, No. 542.

245. Schröder, Replantation und Transplantation. Correspondenz-Blatt f. Zahnärzte, 40 (1911), 271.

246. Schroeder, A., Pohler, O., Sutter, F., Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan-Spritzschichtoberfläche. RMSO, 86 (1976), 713.

247. Schüle, H., Erfahrungen mit Gerüstimplantaten. DS, 8 (1958), 269.

248. Schulte, W., Kleineikenscheidt, H., Lindner, K., Schareyka, R., Das Tübinger Sofortimplantat in der klinischen Prüfung. DZZ, 33 (1978), 348.

249. Schulte, W., Kleineikenscheidt, H., Lindner, K., Schareyka, R., Heimke, G., Gerlach, Ch., Hardegg, W., Tierexperimente zur Frage der Einheilung des Tübinger Sofortimplantates. DZZ, 33 (1978), 326.

249 a. Schulte, W., Miller, E., Druckbelastung des Alveolarfortsatzes durch Zunge und periorale Muskulatur. DZZ, 17 (1962), 416.

250. Schwenzer, N., Das mechanische und biologische Verhalten der Drahtnaht bei der Osteosynthese. DZZ, 21 (1966), 1266.
251. Schwindling, R., Alloplastische Implantate in der Zahnersatzkunde. Carl Hanser Verlag München 1960.
252. Scialom, J., Une découverte fortuite: Les implants - aiguilles. ID, 44 (1962), 737.
253. Scialom, J., Les "Implants - aiguilles" à l'heure implantaire. ID, 44 (1962), 1606.
254. Scopp, I.W., Dictrow, R.L., Lichtenstein, B., Blechman, H., Cellular response to endodontic endosseous implants. J. Periodont., 42 (1971), 717.
255. Seidenberg, M., Lord, H.G., Alloplastic intraosseous implants as precursors to individual tooth replacements. JPD, 13 (1963), 963.
256. Seltzer, S., Green, D.B., de la Guardia, R., Maggio, J., Barnett, A., Vitallium endodontic implants: A scanning electron microscope, electron microprobe, and histologic study. OralSurg, 35 (1973), 828.
257. Shklar, G., Hodosh, M., Povar, M., Tissue reactions to the plastic tooth implant. Oral Surg, 22 (1966), 349.
258. Dieselben, Tissue reactions to polymer-coated Vitallium pin implants. JPD, 24 (1970), 636.
259. Shulman, L., Feingold, R.M., Gettleman, L., Kalis, P., Schnitman, P., Woolfson, M., Zigelbaum, E., Effect of Splinting on Vitreous Carbon Tooth-Root Implants in Baboons. JDRes, special issue B, 55 (1976), B 198, No. 545.
260. Simon, M., Experimentelle Untersuchungen

zur Ablagerung von Metallspuren nach Dental-implantationen. Med. Diss. Hannover 1976.

261. Sitzmann, F., Die intraossale Magnetimplantation als Halteelement für Totalprothesen. (Autoreferat). DZZ, 29 (1974), 211.

262. Slais, J., Die Einheilung der porösen Polymethylmethacrylate. Zbl. allgem. Path., 98 (1958), 571.

263. Small, I.A., Kobernick, S., Implantation of threaded stainless steel pins in the dogs mandible. J. Oral Surgery, 27 (1969), 99.

264. Smithloff, M., Fritz, M.E., The use of blade implants in a selected population of partially edentulous adults. A five year report. J. Periodont., 47 (1976), 19.

265. Spångberg, L., Comparison between tissue reactions to guttapercha and polytetrafluoroethylene implantated in the mandible of the rat. Svensk tandläkare tidskrift, 61 (1968), 705.

266. Spiekermann, H., Enossale Implantate bei Totalzahnersatz im Unterkiefer. (Autoreferat). DZZ, 33 (1978), 473.

267. Staegemann, G., Zur Deutung der Begriffe Fremdkörper und Fremdkörperwirkungen. DS, 13 (1963), 243.

268. Ders., Die Stiftverbolzung von Zähnen - eine Methode der geschlossenen Implantation. DS, 23 (1973), 162.

269. Stanley, H.R., Hench, L., Chellemi, J., Going, R., Bennett, C., King, C., Ingersoll, N., Ethridge, E., Kreutziger, K., Implantation of Bioglass Ceramics in Natural Tooth Form in Baboons. JDRes, special issue B, 55

(1976), B 244, No. 731, IADR Abstracts und OralSurg, 42 (1976), 339.

270. Stallard, R.E., ElGeneidy, A.K., Simon-
sen, R.J., Alveolar Bone Maintenance by Means
of Carbon Implants. JDRes, special issue B,
IADR Abstracts, 55 (1976), B 197, No. 544.

271. Stallard, R.E., ElGeneidy, A.K., Sher-
man, H.J., Current Research Findings on the
Vitreous Carbon Tooth Root Replacement System.
DZZ, 29 (1974), 746.

272. Strock, A.E., Strock, M.S., Method of
reinforcing pulpless anterior teeth. Preli-
minary report. J. of Oral Surgery, 1 (1943),
252.

273. Strunz, V., Bunte, M., Gross, U.M., Män-
ner, K., Brömer, H., Deutscher, K., Beschich-
tung von Metallimplantaten mit bioaktiver
Glaskeramik Ceravital^R. DZZ, 33 (1978), 862.

274. Strunz, V., Bunte, M., Stellmach, R.,
Gross, U.M., Kühl, K., Brömer, H., Deutscher,
K., Bioaktive Glaskeramik als Implantatmate-
rial in der Kieferchirurgie. DZZ, 32 (1977),
287.

275. Süersen, W., Was für Resultate sind be-
kannt über die Implantation verschiedenartiger
Zähne nach Dr. Mitscherlich? VB in Dtsch. V.
j. schrift. Zahnheilkunde, 7 (1867), 300.

276. Svare, C.W., Glick, P.C., LaVelle, W.E.,
DeLong, P., Kent, J., A One Year Study of
"Proplast" Coated Endosseous Implants in Pri-
mates. JDRes, special issue B, IADR Abstracts,
55 (1976), B 196, No. 537.

277. Tagungsbericht: Bayerischer Zahnärztetag
1972 (München). Hrsg. Bayerische Landes Zahn-

ärztekammer, München 1972.

278. Terry, J.M., Boucher, L.J., Epithelial reaction to plastic implants. J. Wis. Dent. Soc., 39 (1963), 263.

279. Tetsch, P., Mißerfolge bei enossal verankerten Implantaten. DZZ, 32 (1977), 302.

280. Toto, P.D., Choukas, N.C., Abati, A., Reaction of Bone to Magnetic Implant. JDRS, 42 (1963), 643.

281. Tramonte, St., L'Impianto Endosseo Razionale. 1. Aufl., Ed. Lusy, Mailand 1965.

282. Trauner, R., Körpereigene und Fremdkörperimplantation im Gesicht und an den Kiefern. Die Med. Welt, 22 (1959), 1051.

283. Turner, F.C., J. Nat. Canc. Inst., 2 (1941), 81.

284. Utz, W., Histologische Untersuchungen an Implantatmodellen. DZZ, 29 (1974), 207.

285. Vajda, T.T., Fung, J.Y.M., Comparative photoelastic stress analysis of four blade-type endosteal implants. OI, 8 (1979), 257.

286. Venable, C.S., Stuck, W.G., Beach, A., Effects on bone of presence of metals: based upon electrolysis; experimental study. Ann. Surg., 105 (1937), 917.

287. Virok s.r.l., Firmenprospekt. Generalvertretung Rag.-F. Pedrazzini, D8 München 90, Ohlmüllerstr. 20.

288. Waerhaug, J., Loe, H., Tissue reaction to self-curing acrylic resin implants. Dent. Pract. Dent. Rec., 8 (1958), 234.

289. Waerhaug, J., Zander, H.A., Implantation of acrylic roots in tooth sockets. OralSurg, 9 (1956), 46.

290. Wagner, H., Neue Osteosyntheseschrauben und ihre Gewebsverträglichkeit. Verhdlg. d. Dtsch. Orthop. Ges., 49. Kongreß in Zürich, 27.9. bis 30.9.1961. Beilageheft zur Zschr. f. Orthopädie, 96 (1962), 418.
291. Walkhoff, O., VB in Dtsch. Mschr. f. Zahnheilkunde, 7 (1889), 361.
292. Weickert, P., Werkstoffkunde für Zahnärzte. Carl-Hanser-Verlag, München 1966.
293. Weiss, M.B., Rostoker, W., Ronen, E., Six Year Study of a Endosseous Dental Implant. JDRS, special issue B, IADR Abstracts, 55 (1976), B 196, No. 538.
294. Werner, C.J., Über alloplastische Implantationsmaterialien und ihre Verwendung in der Zahnheilkunde, unter besonderer Berücksichtigung der amerikanischen Literatur. Med. Diss. Freie Universität Berlin 1953.
295. Widera, G.E.O., Tesk, J.A., Privitzer, E., Interaction effects among cortical bone, cancellous bone, and periodontal membrane of natural teeth and implants. J. Biomed. Mat. Res., 10 (1976), 613.
296. Wie, H., Larheim, T.A., Karlsen, K., Evaluation of endosseous implant abutments as a base for fixed prosthetic appliances. A preliminary clinical study. J. Oral Rehabilitation, 6 (1979), 353.
297. Wiederkehr, H.A., Über die Gewebsfreundlichkeit einiger neuerer alloplastischer Stoffe unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendungsmöglichkeiten in der Kieferchirurgie. Med. Diss. Kiel 1953.

298. Williams, D.F., The Reactions of Tissues to Materials. Bio-Medical Engineering, (1971), 152.
- 298 a. Winders, R.V., A study in the development of an electronic technique to measure the forces exerted on the dentition by the perioral and lingual musculature. Am. J. Orthodontics, 42 (1956), 645.
299. Wirz, J., Die transkanaläre Verschraubung von Pfeilerzähnen im Unterkiefer. ZWR, 83 (1974), 405.
300. Wolff, J., Das Gesetz der Transformation der Knochen. A. Hirschwald, Berlin 1892.
301. Wolfson, S.H., Svare, C.W., Weber, D., Load-Bearing Capacity of Functioning Alumina Dental Endossous Implants. JDRes, 55 (1976), 22.
302. Wunderer, S., Das histologische Gewebsbild reizlos vertragener Gerüstimplantate. RMSO, 72 (1962), 766.
303. Yanagisawa, S., Sairenji, E., Niikuni, T., Clinical effects of the endossous implant to the supporting bone and to the opposing teeth and jaw bone. OI, 8 (1979), 643.
304. Yamane, T., Yuasa, Y., Matzuzawa, K., Yamanouchi, H., Fundamental and clinical studies on endosseous implant of new sapphire (a Al_2O_3) Material. OI, 8 (1979), 232.
305. Yeager, J.E., Dils, G.W., A Thirty-Nine Week Functional Evaluation of Four Dental Implant Materials. JDRes, special issue B, AADR Abstracts, 56 (1977), B 79, No. 111.
306. Young, F.A., Porous titanium dental implants. J. Biomed. Mater. Res., (Symposium), 8 (1974), 401.

307. Young, S.O., Park, J.B., Kenner, G.H., Moore, R.R., Myers, B.R., Sauer, B.W., Dental implant fixation by electrically mediated process. I. Biomater. Med. Dev. Artif. Org., 6 (1978), 111.
308. Zarb, G.A., Melcher, A.H., Smith, D.C., Cementation of dental implants: rationale and preliminary observations. J. Canad. Dent. Assn., 38 (1972), 328.
309. Zarb, G.A., Smith, D.C., Levant, H.C., Graham, B.S., Zungg, W., The effects of cemented and uncemented endosseous implants. JPD, 42 (1979), 202.
310. Zepponi, F., Osservazioni istologiche sull'impianto endosseoso. Atti secondo simposio internazionale degli impianti alloplastici. Pavia 1959, S. 241.
311. Zerosi, C., Borghesio, A., Baratieri, A., Controle histologique et expérimental d'implants totaux. Annales odonto-stomatologiques, 14 (1957), 213.
312. Zietzmann, O., Schädel der Fleischfresser. Aus R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle (Hrsg.): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey Verlag, Berlin 1960, S. 76.
313. Znamensky, N.N., Ueber das mechanische Anwachsen künstlicher Zähne bei vollkommener Möglichkeit, während der Dauer des Anwachsungsprocesses harte Speisen zu kauen. Dtsch. Mschr. f. Zahnheilkunde, 9 (1891), 306.

L E B E N S L A U F

Am 28.7.1946 wurde ich als zweiter Sohn des Offiziers Hans Randzio und seiner Ehefrau Renate Randzio, geb. Fritz, in Detmold (Lippe) geboren.

1952 - 1965	Schulzeit, Abitur am humanistischen Gymnasium in Garmisch-Partenkirchen
1965 - 1970	Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig Maximilians-Universität München
1971 - 1973	Assistenz Zahnarzt an der Klinik und Poliklinik für Kieferchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover
1973 - 1976	Studium der Medizin an der Ludwig Maximilians-Universität München
1976	Zahnärztliche Promotion an der Medizinischen Hochschule Hannover
1977	Medizinalassistent am Kreis-krankenhaus Aichach, Abteilung für innere Medizin
1977 - 1978	An der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau Medizinalassistent in der Abteilung für Chirurgie und Assistenzarzt in der Abteilung für Anästhesiologie

1978 - 1979 Assistenzarzt in der Klinik
und Poliklinik für Kieferchi-
rurgie der Ludwig Maximilians-
Universität München

seit Ende 1979 Assistent in der zahnärztli-
chen Praxis Dr. M. Obländer,
München

